

N° d'ordre :
N° de série :

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE KASD MERBAH-OUARGLA-

FACULTE DES SCIENCES ET DES SCIENCES DE L'INGENIEUR
DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES

MEMOIRE

En vue de l'obtention du diplôme de magistère en Agronomie Saharienne

Option : Gestion des Ecosystèmes Agricoles Sahariens

THEME :

COMPATIBILITE DES EAUX DES NAPPES DE LA REGION DE OUARGLA POUR LA CULTURE DE SPIRULINE *Arthrospira Platensis* (Souche de Tamanrasset)

Présenté par Ali SAGGAI

Devant le Jury composé de :

DADAMOUSSA	**Belkheir**	Professeur	UKM, Ouargla	**Président**
BISSATI	**Samia**	Maître de conférences	UKM, Ouargla	**Encadreur**
CHELOUFI	**Hamid**	Maître de conférences	UKM, Ouargla	**Examinateur**
OULDELHADJ MED	**Didi**	Maître de conférences	UKM, Ouargla	**Examinateur**

Année Universitaire : 2007/2008

REMERCIEMENTS

Monsieur le Professeur **B.DADAMOUSSA** Doyen de la Faculté des Sciences et des Sciences de l'Ingénieur ,Directeur du Laboratoire Ecosystèmes des Zones Arides ,je vous exprime ici toute ma reconnaissance d'avoir bien voulu accepter la présidence du jury de ce mémoire.

Madame, **S.BISSATI**, Maître de conférences, Chef du Département de Biologie, je vous remercie de me faire l'honneur d'encadrer et de juger ce travail.

Monsieur **H.CHELOUFI**, Maître de conférences ; Responsable de la Post-Graduation, Département des sciences Agronomiques vous avez voulu accepter de faire partie de ce jury ; soyez assuré de ma reconnaissance.

Monsieur **D.OULDELHADJ MOHAMMED**, Maître de conférences ; Responsable de la Post-Graduation, Département de Biologie, vous avez voulu accepter de faire partie de ce jury ; soyez assuré de ma reconnaissance.

Ce Travail a été réalisé grâce à la contribution du :
_ Laboratoire Ecosystèmes des zones arides, dirigé par **Mr.B.DADAMOUSSA**
_ Laboratoire d'Exploitation et de Valorisation des Ressources Naturelles des Zones Arides dirigé par **Mr.M.SAIDI.** Président du Conseil Scientifique de la Faculté des Sciences et des Sciences de l'Ingénieur**.**

Je remercie ici tout spécialement Monsieur **HIRI ABDELKADER** de m'avoir reçu dans sa micro ferme de spiruline et donné la souche de spiruline pour accomplir ce travail. Qu'il trouve exprimé ici ma sincère reconnaissance.

Enfin que tout le personnel des laboratoires et de l'enseignement ainsi que mes collègues de la PG et les Etudiants soucieux d'arriver au bout de leur peine par l'assiduité et la persévérance dans les études à qui je dédie ce travail, soient grandement remerciés pour l'aide, l'attention et l'ambiance chaleureuse, et tout particulièrement, Mme **IDDER Saida,**
Mr SAADINE Salah…

Une note de reconnaissance à ma grande et petite famille, particulièrement mon frère Abderrahmane qui a fourni la logistique technique et électrique et, qui m'a supporté durant cette phase de réalisation de ce travail.

Liste des tableaux

Liste des photos

Liste des figures

SOMMAIRE

Résumé

La culture de la spiruline, avant sa production est un enjeu qui doit intéresser au préalable, les scientifiques. Sa production pourrait alors constituer un créneau social et économique qui s'inscrirait dans une dynamique synergique de mobilisation de la société que se veut un développement social et économique durables Si l'eau, et sa problématique de vie voir de survie pour l'avenir, est un élément capital pour toute vie, elle doit, néanmoins avoir une considération pour chaque choix des utilisations qui doivent en être faites ; Ceci, d'autant qu'il est indispensable de maîtriser sa connaissance et l'évolution de ses composantes en tant que support pour un milieu de culture, pour des résultats positifs ou du moins objectifs. Les différentes compositions physico-chimiques des eaux, selon leurs origines, peuvent avoir des destinations différentes selon l'usage auquel on les destine ; consommation, différents usages domestiques ou industriels, irrigation etc.…C'est pourquoi et, en dehors de la protection contre certains aléas climatiques dont des moyens peuvent êtres générer artificiellement, la connaissance de l'eau, son origine et ses qualités demeurent l'élément essentiel pour permettre la vie et, dans le cas de la présente étude, la culture et la production de la spiruline. Hormis le problème de la dureté des eaux et particulièrement la présence en forte dose du Calcium et du Magnésium et, les conséquences subjectives qu'ils pourraient avoir sur un ensemencement dilué, l'étude menée nous a permis d'aboutir à des résultats conformes aux études bibliographiques pour l'ensemble des eaux des nappes étudiées cela, en ce qui concerne la température, le pH et la salinité. Cependant les meilleurs résultats relatifs la numération, croissance de la spiruline, ont été obtenus avec l'eau de la nappe du Sénonien.

Mots Clés : *Cyanobactérie, algue, Arthrospira, Spiruline, eau, climat, salinité, pH, température, numération*

Abstract

The culture of the spirulina, the front its production is a stake which has to interest beforehand, the scientists. His production could then establish a social and economic crenel which would join a synergic dynamics of mobilization of the company(society) that wants a development social and economic long-lasting If the water, and its problem of life to see of survival for the future, A major element for any life is, she owes, nevertheless have a consideration for every choice of the uses which must be made; this, as far as it is indispensable to master its knowledge and the evolution of its constituents as support for an environment(middle) of culture, for positive results(profits) or at least objective.

The various physico-chemical compositions of waters, according to their previous history, can have different destinations according to the custom for which we intend them; consumption, various domestic or industrial manners, irrigation etc. … That is why and, except the protection against certain climatic chances means of which can beings generate artificially, the knowledge of the water, its origin and its qualities remain the element.

Except the problem of the hardness of waters and particularly the presence in strong dose of the Calcium and some Magnesium and, the subjective consequences which they could have on a diluted sowing, the led study allowed us to end in results (profits) corresponding to the bibliographical studies for all the waters of the studied tablecloths it, as regards the temperature, the pH and the salinity. However the best relative results (profits) was obtain with senonien water.

Keywords: *Cyanobacterial, seaweed, Arthrospira, Spirulina, water, climate, salinity, pH, temperature, numeration*

ملخص

العنوان تاثيرات مياه الطبقات الجوفية لمنطقة ورقلة علي زراعة سبيرولين قسيمة تمنراست

زراعة ثم إنتاج سبيرلين رهان يهم العلميين قبل كل شئ. يمكن للإنتاج أن يشكل بعد ذلك مجال اجتماعي و اقتصادي ديناميكي في إطار تنموي ومستدام. يعتبر الماء اشكاليته في المعاش و ضمان الحياة عنصر هام جدا لكل حياة و يجب أن بكون له اعتبار في جميع مجالات استعماله وهذا مايتطلب التحكم في معرفته وتطورات مكوناته. وخاضتا عند استعماله بصفته وسط لزراعة المابيات.

لذا و بغد النظر علي المكونات الطبيعية الممكن التحكم فيها كما هو الحال للزراعة البلاستكية فالتحكم في مكونات الماء, أصلها و مزاياها يعتبران أساسيان بالنسبة لزراعة سبيرلين.

الكلمات المفتاح : طحالب، سبيرلين، ماء، مناخ، ملوحة، حرارة.

Introduction

Les cyanobactéries forment l'essentiel des bactéries capables de photosynthèse avec production d'oxygène. Elles peuvent être unicellulaires ou pluricellulaires; dans ce dernier cas, leurs cellules s'arrangent en amas de type colonies ou, le plus souvent, en filaments composés de cellules alignées (ces filaments sont appelés trichomes). La taille des cellules de cyanobactéries se situe généralement entre 1 et 10 microns. Leur paroi est de type Gram-négatif classique. Ce sont de vrais procaryotes (organismes dépourvus de membrane nucléaire), malgré leur système photosynthétique proche de celui des eucaryotes car contenant de la chlorophylle et un photosystème II (PS-II) (CALLARA « Antenna Technologies »2008).

La Spiruline, une Cyanobactérie, est une algue bleue du genre arthrospira plantensis. Elle présente un intérêt scientifique pour ses qualités nutritionnelles et phytothérapeutiques. (Falquet, 1996).

L'étude de son biotope, régions tropicales, et la conduite de sa culture dans les régions nord méditerranéennes nous suggèrent la possibilité de son adaptation dans la région de Ouargla ceci d'autant que les conditions bioclimatiques semblent favorables.

Les agronomes les biologistes et autres spécialistes s'accordent, à partir des programmes de recherche et des actions entreprises sous toutes les formes (Forum des Institutions internationales, Plans de Développement des Gouvernements, Actions des ONG,...) dans le monde, pour chercher et trouver des réponses à la problématique du bien être de l'Homme sur la terre. C'est à dire trouver des solutions aux maladies, à la pollution, à la malnutrition, au chômage, à l'emploi…mais aussi aux développements technologiques, économiques et…à la création de techniques et de ressources de productions à valeur ajoutée.

Le nombre d'études et de travaux scientifiques réalisés et,le nombres de firmes qui exercent dans la commercialisation de la spiruline sous toutes les formes (comprimés, gélules, poudre…) ; nous incite à engager une expérimentation pour l'étude de la faisabilité d'un projet de production de la spiruline ; particulièrement l'aspect se rapportant au milieu de culture, dans le but de diversifier les productions liées aux productions agricoles, d'apporter un appui à la production aquacole en termes d'étude de milieu et d'alimentation pour les espèces aquacoles produites ou à produire et de projeté un axe de travail pouvant associer l'université, dans ses fonctions d'enseignement et de recherche/ développement , à son environnement agricole et industriel.

La spiruline fait l'objet d'un développement de cultures dans les régions où elle vie naturellement ; en Afrique, Asie et Amérique mais également dans des fermes spécialement conçues pour sa production à l'échelle industrielle. En Europe elle est produite sous serres ou en photobioréacteurs (JOURDAN, 2000).

En Algérie, une micro-ferme de production de spiruline est en cours de développement avec une souche locale et la contribution du Docteur Fox RIPPLEY.

Les prix pratiqués dans le monde sont fonction de l'origine, de la qualité de la propreté (absence de métaux lourds et d'autres parasites nuisibles à l'Homme) voir même de la dominance de ses composants. L'industrie parapharmaceutique diversifie les compositions de la spiruline en fonction de besoins spécifiés par les consommateurs.

Plusieurs aspects se rapportant à la production de la spiruline peuvent être

abordés pour cerner les facteurs et conditions de conduite de la culture et son adaptation, notamment : les facteurs liés au climat et le milieu de culture. Cependant le résultat de la conduite de la culture de la spiruline est conditionné essentiellement par la stabilité du milieu de culture dont la composante principale est l'eau.

Les eaux de la région sont-elles aptes à servir de milieu pour la culture de la spiruline ?

Les compositions physicochimiques de l'eau de Tamanrasset et des eaux des différentes nappes de la région de Ouargla sont très variables en particulier les proportions en magnésium, calcium, pour la région de Ouargla, dépassant de loin les limites de concentration permises pour la culture de la spiruline.

D'autre part les tentatives de production de spiruline introduite conjointement par Mr Hiri et les services de la Direction de la pêche et des ressources halieutiques de Ouargla en Octobre 2006 ont donné des résultats satisfaisants avec récolte et consommation. Mais cette expérience in situ n'a duré que quelques mois. La déperdition de ces cultures semble liée à la conduite de la culture.

La réponse à notre question et, en l'absence de données sur les cultures réalisées localement, doit être préalablement subordonnée à la conséquence de l'utilisation d'un type d'eau. Celle-ci doit se rapprocher des conditions naturelles d'évolution de la culture de la spiruline. Les paramètres se rapportant au milieu de nourriture étant abordables au même titre que pour la protection de toute culture, des aléas climatiques. En effet les composants physiques et chimiques de l'eau peuvent avoir une influence sur la bactérie au même titre que sur l'homme, ou le végétale en termes de besoins et de limites ; à l'exception de la quantité d'eau nécessaire, réduite pour la spiruline, par rapport aux besoins des autres productions agricoles en termes de restitution en protéines, vitamines et autres éléments.

Persuadé des avantages que pourrait procurer la culture de la spiruline dans la région de Ouargla que ce soit, sur le plan de diversification ; fermes aquacoles cultures familiales ou de la consommation et, les retombées économiques qui pourrais se traduire par la création d'emploi et de richesse, et de l'intérêt scientifique d'un travail sur la culture de la spiruline et des algues en général ,ceci d'autant que l'aquaculture s'implante dans la région ; nous avons donc opté pour un modeste sujet d'étude se rapportant à l'adaptation de la spiruline aux conditions du milieu de la région.

1-1-HISTORIQUE.

La présence d'eau liquide à la surface de notre planète fût la condition de **l'apparition de la vie**. D'abord, **bactérienne**, la vie s'organise lentement en **cellules nucléées** puis en **êtres pluricellulaires**… ((Evolution biologique_ Etapes Histoire Vie-01.htm).

Dans la nature actuelle l'oxygène que nous respirons est produit par les végétaux chlorophylliens grâce à la photosynthèse. La photosynthèse existe-t-elle depuis des temps aussi reculés? Plusieurs indices permettent de la penser. Les plus anciennes traces de vie (-3.8 Ga) ont été identifié (dans un minerai de fer rubané) par un rapport 13C/12C particulier dont est responsable la photosynthèse. Les restes identifiables des plus anciens êtres vivants (-3.5 Ga) ressemblent à des bactéries photosynthétiques actuelles (Cyanobactéries anciennement appelées algues bleues). Il y a 3,5 Ga apparaissent des constructions calcaires particulières : les stromatholites. Dans la nature actuelle ils sont le résultat de l'activité photosynthétique des Cyanobactéries qui, en absorbant le dioxyde de carbone, provoquent la précipitation du carbonate de calcium. (Evolution biologique_ Etapes Histoire Vie-01.htm)

Les traces (microfossiles) de cyanobactéries datent d'au moins 3,5 Ga (RIVIERS, 2OO2).Leur conservation, dans les lagons tropicaux, dans les formations de stromatholites se fait grâce à leur capacité de fixer du carbonate de calcium dans leur enveloppe mucilagineuse : donc de permettre l'édification de stromatholites que l'on retrouve dans le précambrien.

Les spirulines évoluent dans leur milieu grâce aux microfibrilles protéiques externes. Elles sont phototropes et utilisent une source de carbone pour se nourrir. A cet effet elles possèdent les deux photosystèmes qui leur permettent d'utiliser l'eau comme donneur d'électrons ou des composés organiques. Spiruline est une cyanophycée de l'ordre des Nostocales, famille des oscillotoniaces, genre *Spirulina*. L'espèce spiruline *arthrospira platensis* est originaire du Kanem (Tchad) et l'espèce spiruline *geitleri ou maxima* est présente au Mexique.

Algue bleue microscopique, pluricellulaire, de grande taille et de forme hélicoïdale spiralée, **sa longueur moyenne est de 250µ lorsqu'elle a 75 spires**. Le **diamètre du filament spiralé est d'environ 10µ**. Toutefois, elle possède une grande adaptabilité morphologique et dimensionnelle liée aux milieux de culture. (RIVIERS, 2OO2).

Les scientifiques ont découvert que la nature a créée cette forme de vie par photosynthèse, par le même catalyseur qui a permis aux formes de vie évoluées de se développer, en produisant l'oxygène nécessaire dans l'atmosphère terrestre. Cette algue

microscopique a survécu avec succès et elle se renouvelle depuis lors. Dans sa composition cellulaire, la spiruline disposait de tout dont la vie avait besoin pour croître et évoluer. Il n'est donc pas surprenant qu'autant de personnes la considèrent comme le «super aliment» le plus formidable au monde. La spiruline a été consommée par l'homme à différentes époques. Les anciens Aztèques du Mexique s'en nourrissaient et la spiruline est mangée depuis des siècles par les Kanembu d'Afrique centrale, près du Tchad. Il y a plus de mille ans, dans le sud-est asiatique, elle était ajoutée aux soupes, pâtes à tartiner et sauces. Cette forme de vie éternelle se renouvelle depuis des milliards d'années. (JOURDAN, 2000)

Ces 20 dernières années, elle a été introduite dans la société occidentale La spiruline emmagasine la lumière solaire mieux que tout autre végétal. Au cours des siècles, cette plante incroyable a nourri des millions de personnes dans le monde entier. Aujourd'hui, celles et ceux qui prennent soin de leur santé la consomment.

Depuis la nuit des temps, les hommes riverains des lacs où cette algue se développe naturellement (les oiseaux aquatiques apportent par leurs fientes la nourriture et par leurs ébats l'agitation de l'eau) en ont fait un complément à leur nourriture. (JOURDAN-,2000)

On sait en effet que dans les contrées subsahariennes céréales et tubercules jouent le rôle de coupe-faim mais manquent cruellement de protéines et de vitamines, entraînant malnutrition et carences multiples.

Retrouvée au Tchad en 1940, c'est surtout à partir de 1946 qu'intrigués par les pratiques anciennes évoquées ci-dessus et à la recherche de ressources alimentaires à bon marché, des scientifiques ont redécouvert la spiruline et ses propriétés remarquables. (JOURDAN, 1999).

Le savant l'appelle "cyanobactérie Arthrospira Platensis" et dit que c'est une algue bleue mais nous la voyons verte et comme, regardée au microscope, elle se présente souvent sous la forme d'un ressort à boudin, elle est appelée spiruline Elle peut avoir d'autres formes (ondulées ou droites). .Micro algue, elle croît à l'état naturel dans des lacs salés et alcalins des régions chaudes de la Terre.

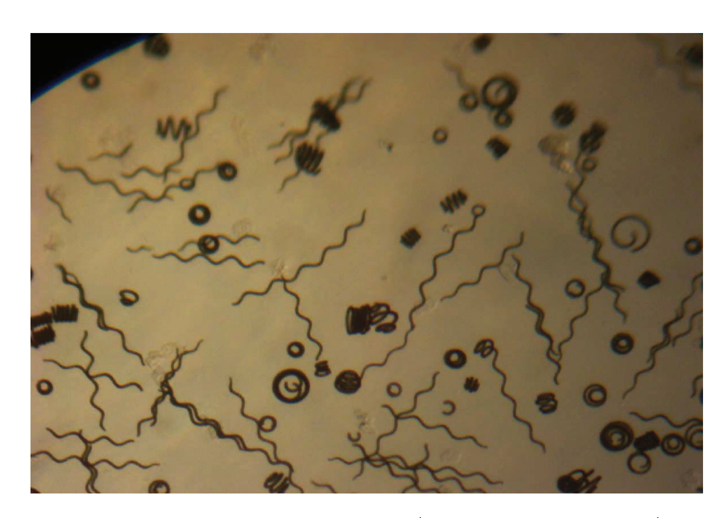


PHOTO 1 : La Spiruline (JOURDAN ,1999)

Ne mesurant pas plus de 0,2 à 0,3 mm de long, elle est à peine visible à l'œil nu, mais colore en vert (vert épinard, ou vert des feuilles de baobab) l'eau dans laquelle elle se développe. Pour se développer, il lui faut de l'eau, de la lumière, de la chaleur, et les éléments essentiels à la vie des plantes : carbone, azote, phosphore, potassium, fer, magnésium.

1-1-1- Les souches de l'arthrospira platensis.

1-1-1-1- La souche Paracas : Biotope naturel de la Paracas au Pérou : (Gilles Planchon et Rosario Fuentes de l'association Les Idées Bleues) ont présenté un argumentaire sur l'intérêt de cultiver les spirulines dans des conditions qui se rapprochent le plus des conditions d'origine de la souche utilisée, en l'occurrence la Paracas. Les lacs dans lesquels on trouve la Paracas contiendraient des bactéries sulphatoréductrices qui favoriseraient la croissance des spirulines. Ces lacs sont d'anciens bassins occupés par la mer, ce qui fait que cette souche serait probablement aisément cultivable en eau de mer. Les nutriments nécessaires à la croissance des spirulines proviennent des sédiments anoxiques.

1-1-1-2- La souche Lonar : Elle est originaire du lac Lonar (Inde), lac résultant de l'impact d'un météorite. Pendant les périodes sèches, la salinité du lac dépasse 200 g/l et on ne trouve pas de spiruline

1-1-1-3- La souche Toliara (Madagascar) : Elle a été décrite (RIPLEY, 1986). On la trouve dans de nombreux étangs ou mares peu profondes situés à plus de 500 m de l'océan.

Le lac de Belalanda (Madagascar) a été le plus étudié et a fait l'objet de la thèse Mme **Vololona valona** RAVELO, maître de conférence à l'IHS de Madagascar portant sur la bio écologie et la valorisation du gisement naturel de spiruline de ce lac. La production naturelle en spiruline a été estimée à 60 kg ha-1 j1.

1-1-1-4- Les « droites » : Discussion animée par Jean Paul Jourdan sur le « mystère des droites ». Le mystère demeure, mais des spirulines droites peuvent être intéressantes dans certains cas, notamment pour la nourriture de larves de crevettes. Par contre la récolte est compliquée.

1-2-5- Spirulines ; Morphologies typiques des Arthrospira.

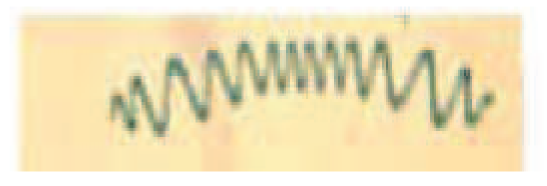


Figure. 1: Forme spiralée (type « Lonar »

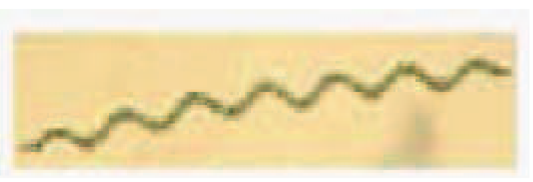


Figure. 2 : Forme ondulée (type« Paracas »)



Figure. 3 : Forme droite (type M2)

__________ : 0.1 mm.

Echelle

Quelque soit la forme de l'arthrospira platensis, cela ne change en rien sa composition. Le changement de forme est lié à son adaptabilité dimensionnelle se rapportant au milieu de culture. (CALLARA, 2008).

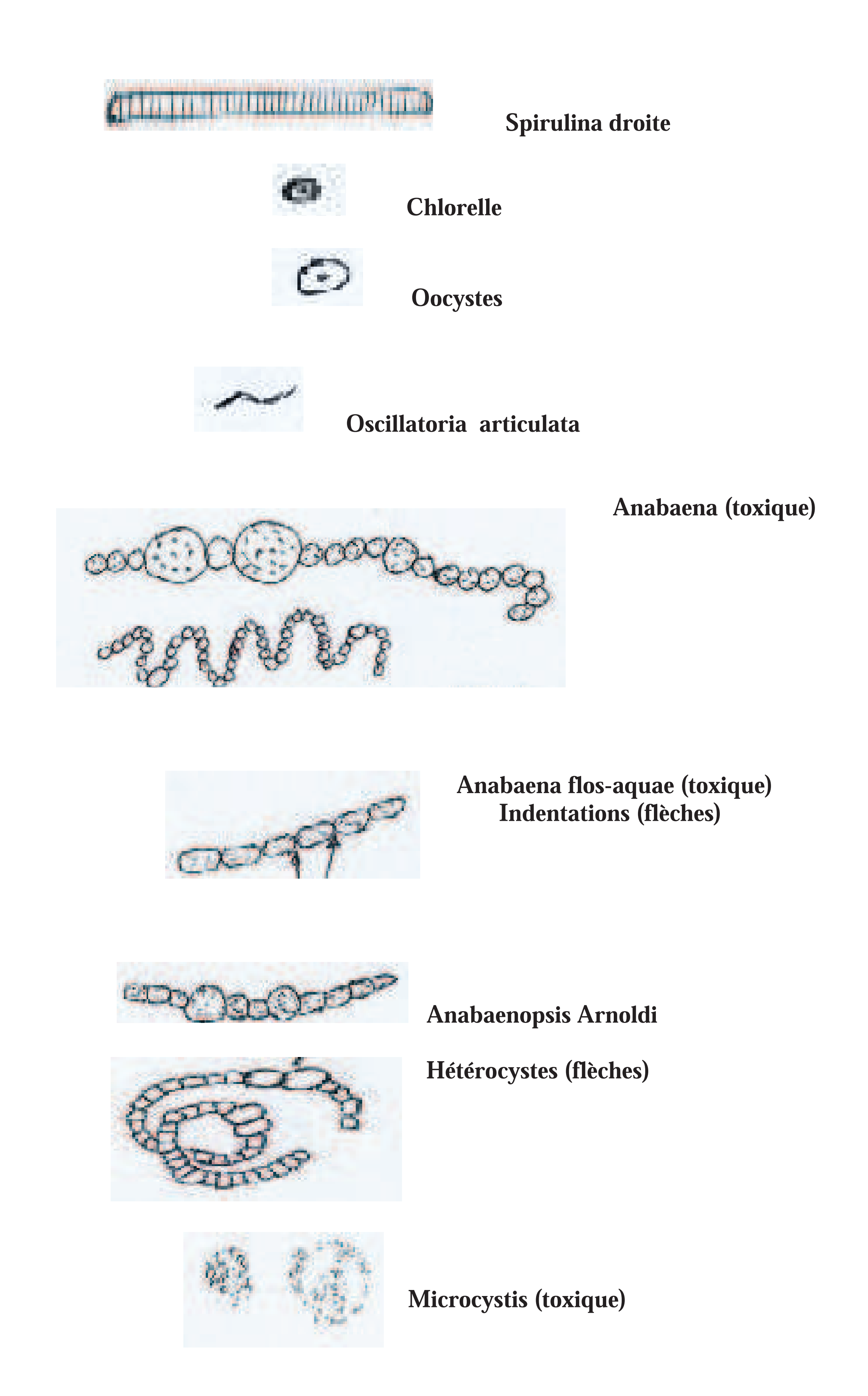


Figure.4 : Planche de comparaison spiruline et autres algues (JOURDAN, 1999)

1-2-LE BIOTOPE

1-2-1 Les conditions du climat

1-2-1-1 Influence du climat

Les paramètres fondamentaux qui constituent le climat sont les températures, la pluviométrie et les vents dominants, qui peuvent avoir des conséquences importantes sur l'évaporation d'un bassin de culture, sur la température de l'eau ou la "pollution" de ce bassin par tous les débris et les poussières qu'il peut entraîner (JOURDAN, 1999)

Le climat à Ouargla est particulièrement contrasté malgré la latitude relativement septentrionale (ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975) et comme toute région du Sahara l'aridité s'exprime non seulement par des températures élevées en été et par des faiblesses des précipitations mais surtout par l'importance de l'évaporation due à la sécheresse de l'air (LETHIELLEUX, 1984). Le climat est caractérisé, dans la saison chaude, par des fortes évaporations et des températures élevées. Pendant la saison froide, par des températures basses

1-2-1-2 La Température

Les premiers repères concernant les températures, pour la spiruline, sont à peu près les mêmes que pour l'homme, 37°C : température idéale pour pousser. Au-dessus, c'est trop chaud. En dessous, la vitesse de multiplication baisse avec la température. A 20°C la croissance est pratiquement stoppée. La température du milieu de culture doit donc se situer entre ces deux températures. Plus la "saison" est longue, plus la période de récolte est longue. Les climats continentaux ou d'altitude sont désavantagés.

Un climat trop froid peut être compensé artificiellement, comme pour les végétaux. La construction de bassins sous serre peut être d'autant plus intéressante que cet abri constitue non seulement une protection contre le froid, l'évaporation, les insectes et les poussières mais aussi contre les pluies diluviennes (pour les régions tropicales), comme les orages, qui peuvent faire déborder les bassins et donc provoquer une perte, ou au moins une dilution du milieu de culture.

Dans la région d'étude, la température la plus élevée est notée au mois le plus chaud, juillet, avec une température de 34,86 °C. La température la plus basse du mois le plus froid, janvier, est de 11,29 °C

1-2-2 L'EAU

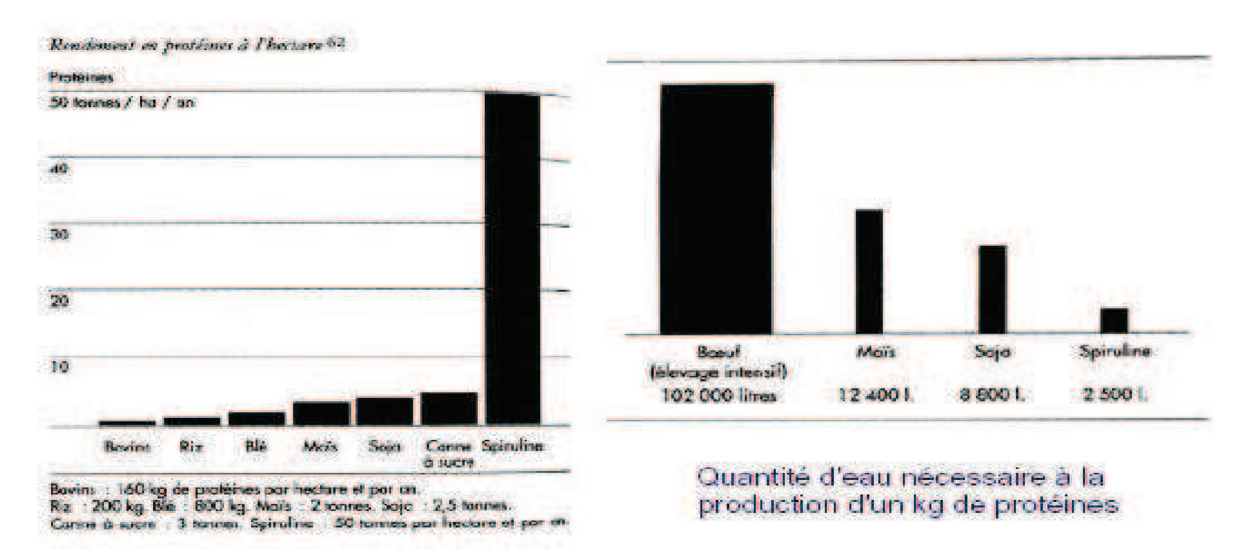


Figure.5 : Les besoins en eau de la spiruline (comparés aux autres productions). (JOURDAN, 1999)

La conduite de culture nécessite un minimum de ressources en eau. Les eaux de pluie sont intéressantes car propres et neutres (pas de minéraux en solution). Sous les climats à faible pluviométrie, ou à saison sèche longue le manque d'eau est évidemment rédhibitoire. La carence en eau de pluie peut être compensée par l'utilisation d'eaux de provenances diverses, et plus ou moins "chargées" Il faudra alors tenir compte de la qualité de l'eau dans la mise au point, puis l'entretien du milieu de culture.

Spiruline *Arthrospira Platensis* vit dans une eau à la fois salée et alcaline. L'eau utilisée pour le milieu de culture doit être de préférence potable (mais ne sentant pas fortement le chlore) ou au moins filtrée (sur bougie filtrante ou sable), le plus important étant l'élimination des impuretés. L'eau de pluie, de source ou de forage est en général de qualité convenable. Si l'eau est dure, il se produira des boues minérales (plus ou moins abondantes selon la teneur en calcium, magnésium et fer), qui décantent rapidement et ne sont pas particulièrement gênantes pour la culture, à condition toutefois que l'ensemencement initial en spirulines soit assez concentré

1-2-2-1 Les eaux de la région de Ouargla (ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975),

Les eaux souterraines représentent l'unique source d'eau dans la région de Ouargla on distingue :

1-2-2-1-1 La nappe du Continental Intercalaire ou Albien :

La profondeur varie de 1000 à 1300 m. les eaux de cette nappe qui jaillissent à la surface sont chaudes.

Pour les eaux de cette nappe, le faciès chimique est sulfaté magnésien. La température des eaux varie de 45° à 57°c, le pH de 7,7 à 8,8 et le résidu sec de 1,5 à 2,4. mg/l.

1- 2-2-1-2- Nappes du Complexe Terminal

Les eaux de cette nappe présentent un faciès chloruré sodique dont la T° varie de 23° à 30°c, le pH de 7.2 à 9.5 et le résidu sec de 1.5 et 8 mg/l

1- 2-2-1-2-1- Sénonien-Eocène

Reconnu sur une épaisseur de 360 m, repose sur la série imperméable du Sénonien lagunaire carbonaté c'est le plus exploité pour la consommation domestique dans la ville de Ouargla vu la bonne qualité de ses eaux par rapport aux autres nappes.

1-2-2-1-2-2- Nappe phréatique

Avec une profondeur de 1 à 8 m selon les zones et les saisons. Elle se caractérise par des eaux salées non propres à la consommation humaine.

L'alimentation de la nappe phréatique est assurée par l'infiltration des eaux d'irrigation, des eaux en provenance des forages de pétrole détériorés qui coulent dans la nature et des précipitations et des eaux usées par les défectuosités du réseau d'assainissement, en cours de réhabilitation dans le cadre du grand projet d'assainissement. Les eaux de cette nappe phréatique ont une forte minéralisation. (BEYOUD, 1989)

1-2-2-1-3-2- Nappe du Miopliocène,

Dite aussi du sable c'est la nappe la plus exploitée pour l'irrigation des périmètres agricoles et pour la consommation en eau potable. La profondeur de la nappe varie de 60 à 200 m (ROUVILLOIS BRIGOLE, 1975), le taux la salinité de ses eaux est de 1,8 à 4g/l. Le Mio Pliocène est constitué d'une alternance d'argiles et de sables sur une épaisseur de 150 m. (BEYOUD, 1989)

1-2-3- Saisonnalité

Dans les régions tempérées, l'hiver est généralement trop froid pour cultiver la spiruline, sauf avec chauffage et éclairage artificiels trop coûteux. Même dans des régions chaudes un arrêt annuel peut être rendu nécessaire par l'importance des pluies ou de la sécheresse ou par les vents de sable à certaine saison. La culture de la spiruline sera donc souvent saisonnière.

Durant la mauvaise saison, une "souche" de spiruline devra impérativement être conservée dans son milieu de culture. Les contenants devront laisser passer la lumière et être stockés à l'ombre mais un lieu éclairci, ou être sous éclairage électrique. Même si les cultures de spiruline survivent à des températures inférieures à 10°C, voire à de brèves gelées, il est prudent de ne pas les stocker au-dessous de 18°C pendant de longues périodes, car les

risques de contamination augmentent. Le fait que la spiruline prospère en milieu très alcalin présente deux avantages majeurs :

- meilleure absorption du gaz carbonique de l'air
- protection contre les contaminations.

Cependant il ne faut pas croire que seule la spiruline peut croître dans son milieu de culture : d'autres algues, et des microorganismes peuvent y vivre,d'où nécessité de surveiller les cultures du point de vue contaminants, surtout aux changements de saisons.

1-2-4- Le milieu de culture : L'eau de pluie, de source ou de forage est en général de qualité convenable. **Si l'eau est dure, il se produira des boues minérales (plus ou moins abondantes selon la teneur en calcium, magnésium et fer),** qui décantent rapidement et ne sont pas particulièrement gênantes pour la culture, à condition toutefois que l'ensemencement initial en spirulines soit assez concentré. (JOURDAN, 1999)

1-2-4-1- Milieu de culture standard : La formule préconisée ci-dessous est proposée pour la confection d'un milieu de culture et de nourriture pour l'initialisation d'une culture de spiruline

Tableau. 1 : Formule pour milieu de culture neuf (pH proche de 8) pour des eaux de faible dureté (JOURDAN, 1999)

Eléments	Quantité	Eléments	Quantité
Bicarbonate de sodium	8 g/l	Chaux	0,010 g/l
Chlorure de sodium	5 g/l	Urée	0,015 g/l (ou 0,050 g/l pour extension de culture, par exemple bassin à géométrie variable.)
Nitrate de potassium	2 g/l (optionnel)		
Sulfate dipotassique	1 g/l (optionnel 0,1 minimum)	Solution à 10g de fer/litre	0,1 ml/l

1-2-4-2- Milieu de culture Zarrouk (g/litre)

Tableau.2. : Milieu de culture Zarrouk (g/litre)

Eléments	Quantité	Eléments	Quantité
NaHCO3	16,8	CaCl2	0,04
K2HPO4	0,5	FeSO4, 7 H2O	0,01
NaNO3	2,5	EDTA	0,08
K2SO4	1,0	solution A5 (*)	1,0
Na Cl	1,0	solution B6 (**)	1,0
MgSO4, 7 H2O	0,2		

Tableau.3 : (*) Composition de la solution A5, en g/l:

Eléments	Quantité
H3BO3	2,86
MnCl2, 4 H2O	1,81
ZnSO4, 7 H2O	0,222
CuSO4, 5 H2O	0,079
MoO3	0,015

Tableau.4 : (**) Composition de la solution H6, en g/l

1.

Elément	Quantité
NH4VO3	0,02296
K2Cr2 (SO4)4, 24 H2O	0,096
NiSO4, 7 H2O	0,04785
Na2WO4, 2 H2O	0,01794
Ti2 (SO4)3	0,04
CoNO3)2, 6H2O	0,04398

1-2-5- La conduite et la production

Les limites de salinité et d'alcalinité permises sont assez larges mais on se place en général vers les minima, pour des raisons d'économie, avec une salinité totale de 13 g/litre et une basicité de 0,1 molécule gramme/litre (b = 0,1) ; mais ces concentrations peuvent être doublées sans inconvénient. Il peut même être avantageux de travailler à une basicité double pour atténuer les fluctuations de pH dans l'après-midi, surtout en surface ou dans les angles du bassin quand l'agitation est déficiente. Lorsque le carbone est apporté par le bicarbonate on a intérêt à travailler à forte alcalinité (0,2) pour réduire le volume des purges. L'alcalinité est habituellement apportée par du bicarbonate de sodium, mais ce dernier peut être remplacé en partie par de la soude caustique ou du carbonate de sodium pour relever le pH initial du milieu de culture (par exemple 5 g/l de bicarbonate + 1,6 g/l de soude donnent un pH de 10) ; le carbonate ou la soude peuvent même être la seule source d'alcalinité

La salinité complémentaire est apportée par les différents engrais et du sel (chlorure de sodium). Le sel de cuisine iodé et fluoré convient mais souvent, il contient jusqu'à 2 % de magnésie insoluble; par contre l'emploi d'un sel peu raffiné est recommandé à cause de sa teneur en oligo-éléments. Si le sel apporte trop de magnésium, il y aura floculation de sels minéraux insolubles, surtout à pH assez élevé, ce qui peut être très gênant pour une culture qu'on ensemence peu concentrée en spiruline : celle-ci est en effet facilement entraînée par les flocs et tombe au fond sans qu'on puisse la récupérer. C'est aussi une raison qui milite pour ne

pas ajouter de calcium en début de culture nouvelle. En plus du sel et de la soude, le milieu de culture contient des engrais pour assurer la croissance des spirulines comme en agriculture habituelle : azote (N), phosphore (P), potassium (K) sont les trois principaux éléments, mais soufre (S), magnésium (Mg), calcium (Ca) et fer (Fe) doivent aussi être ajoutés s'ils ne sont pas apportés en quantité suffisante par l'eau, le sel et les engrais. (RIPLEY, 1999).

Une analyse de l'eau et du sel est utile pour calculer la dose de Mg, Ca et Fe à ajouter car un excès de ces éléments est nocif (perte de phosphore, formation de boues). L'eau, le sel et les engrais apportent généralement assez d'oligoéléments (bore, zinc, cobalt, molybdène, cuivre, etc.). (RIPLEY, 1999).

La source d'azote préférée des spirulines est l'ammoniac, mais ces produits sont toxiques au-delà d'une concentration limite à respecter impérativement C'est pourquoi on préfère souvent, au moins lors de la préparation du milieu de culture, utiliser un nitrate dont on peut mettre une forte dose, constituant une réserve d'azote à long terme. Les spirulines consommeront d'abord l'ammoniac ou l'urée s'il y en a de disponibles. Une légère odeur passagère d'ammoniac révèle qu'on s'approche de la limite autorisée ; une odeur persistante et forte indique qu'on l'a sûrement dépassée et qu'il faut craindre un dépérissement de la culture (passager ou irréversible selon la dose d'ammoniac).Le nitrate peut présenter un risque car il peut se transformer par réduction chimique en ammoniac (en présence de sucre par exemple et sans doute d'exo polysaccharides sécrétés par la spiruline elle-même). Vice-versa l'ammoniac (issu de l'urée par exemple) peut s'oxyder en nitrate. Le phosphore est apporté indifféremment par n'importe quel ortho phosphate soluble disponible, par exemple le phosphate monoatomique ($NH_4H_2PO_4$), le phosphate dipotassique (K_2HPO_4) ou le phosphate trisodique (Na_3PO_4, 12 H_2O), ou encore l'acide phosphorique lui-même. De même le potassium peut être apporté indifféremment par le nitrate de potassium, le chlorure de potassium, le sulfate ou le phosphate dipotassique. La source de magnésium habituelle est le sulfate de magnésium appelé sel d'Epsom ($MgSO_4$, 7 H_2O). Le calcium éventuellement nécessaire est apporté par un peu de chaux ou de plâtre, ou, mieux, d'un sel de calcium soluble (nitrate, chlorure); il faut en mettre de quoi saturer le milieu en calcium à pH voisin de 10, mais pas plus, c'est-à-dire jusqu'à formation d'une légère blancheur. En cas d'ensemencement d'une nouvelle culture avec peu de spiruline, mieux vaut s'abstenir d'ajouter du calcium au début pour éviter de perdre de la semence par entraînement par les boues minérales.

On notera la possibilité d'apporter plusieurs éléments à la fois par le même produit, par exemple N et K par le nitrate de potasse, P et K par le phosphate dipotassique, ou S et Mg par le sulfate de magnésium.

Le fer est généralement apporté par une solution de sulfate de fer acidulé, et de préférence associé à un chélatant.Il faut éviter d'utiliser les engrais agricoles ordinaires prévus pour être peu solubles (et contenant de nombreuses impuretés), mais seulement les engrais solubles.. En cas de doute, analyser la spiruline produite pour vérifier qu'elle ne contient pas trop de métaux lourds. Les limites de concentration admissibles pour les différents éléments dans le milieu de culture sont données dans le tableau ci-dessous.

1-2-5-1 Limites de concentration :

La composition des éléments chimiques du milieu de culture doit permettre une évolution normale des algues. Cet équilibre dans le milieu de culture doit également assurer une source de nourriture adéquate en rapport avec la concentration des algues. Tout excès prédestine la culture à une destruction. A l'effet de reconstituer un milieu de culture qui se rapproche du milieu naturel

La formule ci-dessous donne les limites, par élément, à ne pas dépasser pour la culture de Spiruline, *Arthrospira platensis* (JOURDAN, 2000).

Tableau.5. Limites de concentration

Eléments	Quantités	Eléments	Quantités
Carbonate	720 mg/l	Magnésium	10 mg/l
Bicarbonate	2800 mg/l	Calcium	5 mg/l
Nitrate	614 mg/l	Ammonium+ammoniac	5 mg/l
Phosphate	20 mg/l	Fer	1 mg/l
Sulfate	350 mg/l	Salinité totale	12792 mg/l
Chlorure	3030 mg/l	Densité à 20°C	1010 g/l
Sodium	4380 mg/l	Alcalinité (molécule-gramme/l)	0,0105N
Potassium	642 mg/l	PH à 20°C	10,4

1- 2-5-2- La production de la spiruline

1-2-5-2-1- La spiruline en Algérie





Photo.2 : Spiruline à Tamanrasset (chez Mr HIRI)

1-2-5-2-2- Différents modes de production de spiruline

La spiruline est produite dans plusieurs Pays des quatre continents que sont l'Afrique, l'Asie, les Amériques et l'Europe. Les modes et moyens de production varient d'un Pays à l'autre selon les paramètres climatiques mais aussi les moyens, ce qui explique la diversité dans les dimensions des moyens mis en œuvres pour la réalisation des fermes et bassins de production.

Cela va de la bassine pour la production de quelques grammes, chez les débutants jusqu'aux bassins de production industrielle (en tonnes).Néanmoins il ne faut pas oublier ceux qui pratiquent les méthodes ancestrales de récolte, de séchage et consommation.



Photo.5 : Ramassage de la spiruline dans un lac (TCHAD)



Photo.6: Séchage de la spiruline pour l'obtention de galettes (TCHAD)

(Barbaroux (FREMER) 1986)



Photo 7 : Modèle de bassin de production de spiruline



Photo.8 : Un bassin en tissu polyamide enduit PVC
Eco Park, Madurai, Tamil Nadu (Inde) 18 m², 1998



Photo.9 Dans un village près de Maduraï, Tamil Nadu (Inde), 1 m², 1996 :



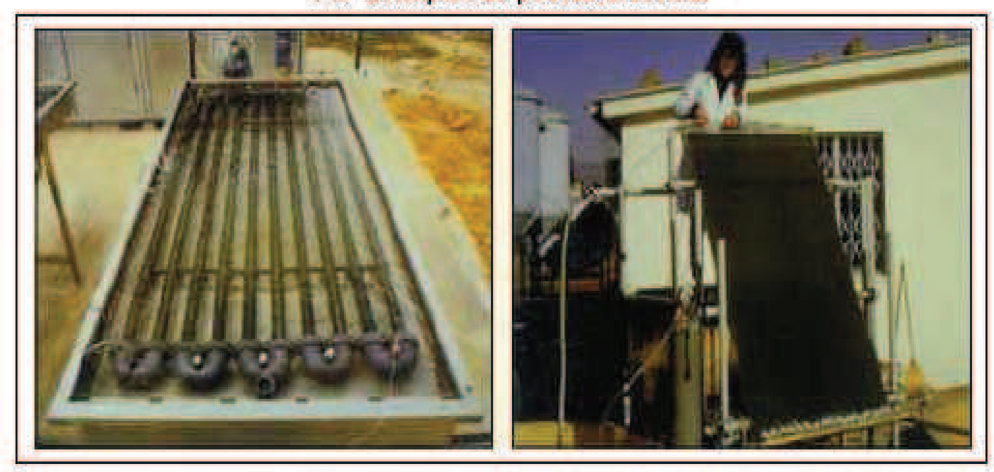
Photo.10 : Bassins de 50 m² sous serre chez José Vitart, Mialet, 1998 :

1-2-5-2-3- Les photobioréacteurs : (JOURDAN, 2000)

Photo.11 : Les photobioréacteurs



P6. Exemples de photobioréacteur



Un photobioréacteurs est constitué d'un système de tubes en plastique transparent posé sur un plan incliné, long d'une dizaine de mètres et haut de 2m. A la base du plan, un réservoir en tôle peint en noir reçoit l'eau du tuyau de retour. Le soleil chauffe l'eau de ce réservoir. L'eau chaude, par convection, remonte dans les tubes transparents. Puis elle atteint un réservoir plat en tôle peinte à l'aluminium, placé en haut. Le refroidissement commence là. L'eau en ressort par des tubes formant des serpentins dans un échangeur. Recueillie par un tube transversal, l'eau retourne par le tuyau et boucle le cycle.

Le photobioréacteurs est surtout utilisé pour la production de biomasse très pure, pour en extraire des molécules de haute valeur. Il ne convient pas à la culture de masse.

Les tubes, le bio réacteur et les micros fermes sont employés dans les pays tempérés ou froids, où cette micro algue ne peut pas croître naturellement. Ce sont des systèmes très chers, et seuls les photobioréacteurs tiennent la route économiquement.

1-3- INTERETS ET UTILITES

C'est d'abord l'aliment le plus riche actuellement connu en protéines (60 à 70% en poids sec) et ces protéines sont d'excellente qualité puisqu'elles contiennent tous les acides aminés essentiels. (**Falquet,1996)**)

La spiruline constitue ainsi un complément alimentaire riche de promesses dans des pays où l'alimentation traditionnelle, soit par manque de ressources soit par ignorance, ne procure pas en quantité suffisante la nourriture équilibrée nécessaire à la santé.

C'est non séché, dès sa récolte, que la spiruline est la plus agréable à consommer et qu'elle fournit le plus de vitamines. Mais en général pour sa conservation elle est séchée, réduite en granulés fins ou en poudre et conditionnée à l'abri de l'air et de la lumière.

. Les personnes qui font l'essai constatent rapidement un mieux-être qui est très stimulant surtout lorsqu'elles ont des efforts physiques ou intellectuels à fournir (cas des athlètes, des étudiants, des malades ...).

La mise en route de "fermes de culture" locales ne peut être envisagée qu'en respectant certaines conditions.

1-3-1 Bienfaits de la spiruline

La Spiruline est une micro algue bleue (Cyanophycées). Elle est considérée comme l'un des premiers végétaux apparus sur la terre. Elle prolifère à l'état naturel dans les eaux saumâtres et "natronées" (carbonate + bicarbonate de sodium). Cette algue était la nourriture principale des Aztèques (Mexique). Elle participe encore aujourd'hui à l'équilibre alimentaire de certains groupes .Ils la récoltent dans des lacs salés près de leur habitat (les Kanembus au nord du Tchad par exemple

Composition de la Spiruline: 70% de protéines, c'est à dire 2 fois plus que le soja et 3 fois plus que la viande de bœuf. Le corps humain assimile les protéines de la Spiruline 4 fois plus vite et mieux que les protéines de la viande et du fromage. Très riche en vitamines (A. BI, B2 B12, E) et en fer assimilable, elle contient aussi du calcium, du phosphore, du magnésium (en quantité comparable aux céréales et au lait de vache) et de l'acide gamma linoléique (rare dans l'alimentation courante).

1-3-2- Effets thérapeutiques de la spiruline :

Il est rapporté par la bibliographie les bienfaits de la spiruline tant sur le plan nutritionnel que sur le plan de la thérapie. **(Falquet, 1996)**

Tableau.6: Effets thérapeutiques de la spiruline d'après le dictionnaire de la phytothérapie :(JOURDAN ,2000)

Effets thérapeutiques de la spiruline d'après le dictionnaire de la phytothérapie :

-Abcès	-Cataractes	-Ongles cassants
-Acide Urique	-Circulation sanguine	-Ostéoporose
-Acidité stomacale	-Circulation cérébrale	-Ovaires infections
-Acné	-Colites	-Palpitation cardiaque
-Affections cardiaques	-Concentration	-Peaux (rides)
-Allergies respiratoires	-Couperose	-Phobies
-Anémie	-Dégénérescence	-Psoriasis
-Anorexie	-Diabète	-Saignements gencives
-Aphtes	-Digestion	-Sclérodermie
-Arthrite	-Douleurs gastriques	-Sécheresse
-Arythmies	-Endométriose	-Séquelles de phlébites
-Asthme	-Fatigue musculaire	-Stérilité (certaines)
-Artériosclérose	-Fatigue physique	-Stomatite
-Asthénie	-Gingivites	-Surcharge pondérale
-Bouches (problèmes)	-Libido	-Système nerveux (désordre)
-Bourdonnement d'oreilles	-Mémoire (perte)	-Troubles cérébraux
-Brûlures	-Migraines	-Ulcères
-Constrictions capillaires tissus	-Manque d'appétit	-Ulcères de l'œsophage
-Capillaires dilatés	-Néphrite	-Ulcères des intestins
-Capillaires	-Nervosité	-Voies urinaires
-perméabilité		

1-3-3- La spiruline : une source alimentaire.

Les auteurs s'intéressent à une ressource alimentaire non conventionnelle : la spiruline. C'est une algue bleue qui offre jusqu'à 70 % de protéines. Ils insistent sur les qualités nutritionnelles exceptionnelles de cette algue, les principales utilisations et la facilité de sa culture. Partant de ces données, ils proposent le développement de la culture de la spiruline en Afrique et son utilisation dans le traitement et la prévention de la malnutrition protéino-énergétique « Travail de la Chaire de Pédiatrie de l'UCA, Dakar (Pr. M. FALL) dans Médecine d'Afrique Noire : 1999, 46 (3) »

L'apport vitaminique des spirulines est estimé comme suit :

- Vitamine A 100 à 240 UI % gr
- Vitamine B1 3 à 4 mg % gr
- Vitamine C 20 mg % gr
- Vitamine E 0, 1 mg % gr.

Enfin les spirulines sont riches en pigments responsables de la couleur des algues : la phycocyanine, seul colorant bleu alimentaire naturel qui représente plus de 15 % du poids de la spiruline.

1-3-4- Controverses sur les bienfaits de la spiruline

La production de la spiruline pour son utilisation comme complément alimentaire, en Afrique, a suscité des controverses. En 2003, Un groupe de chercheurs a mené des travaux sur l'utilisation de la spiruline comme complément alimentaire au Burkina Faso.

« La spiruline à la dose de 5 g j–1 n'apporte aucun bénéfice par rapport à la renutrition traditionnelle sur 90 j. De plus, elle est actuellement coûteuse et la lutte contre la malnutrition du jeune enfant ne repose pas sur un seul élément, mais sur une politique nationale ou locale fondée sur la formation, l'éducation, l'aide économique et les soins avec des centres de renutrition et des traitements des infections. » (B.BRANGER,2003)

L'étude publiée par Branger et al. [1] surprend à plus d'un titre : on y trouve en effet la conclusion suivante : « La spiruline à la dose de 5 g/jour n'apporte aucun bénéfice par rapport à la renutrition traditionnelle sur 90 jours ». Or, on s'aperçoit que dans cette étude tous les groupes-tests ont reçu une renutrition « traditionnelle », ainsi qu'un supplément vitaminique, certains recevant en plus de la spiruline, voire de la spiruline et du poisson. Ainsi, le protocole lui-même exclut la possibilité de détecter un éventuel bénéfice de la spiruline par rapport à une renutrition « traditionnelle ».

Au mieux, la conclusion pouvait être « la spiruline, ajoutée à une renutrition classique et à un supplément vitaminique ne produit pas d'effet discernable. Bien sûr, une telle conclusion est à peu près dénuée d'intérêt, puisqu'on préconise généralement un apport de spiruline en tant que source de micronutriments lorsque précisément une renutrition « classique » et un apport vitaminique ne sont pas disponibles. Soulignons qu'il ne s'agit pas là d'une querelle d'interprétation puisqu'on trouve encore, dans le dernier paragraphe de l'introduction, cette déclaration : « L'objectif de cette étude était de mettre en évidence une action de la spiruline avec ou sans autres apports nutritionnels dans la malnutrition de l'enfant de moins de trois ans ». Objectif qui, comme mentionné plus haut, ne peut être atteint en suivant le protocole de l'étude. Bien d'autres points de ce travail soulignent malheureusement sa faible qualité scientifique, jusqu'à sa bibliographie, (Falquet, 2003)

2-1- Matériel biologique

La souche utilisée provient de la culture de spiruline de la micro-ferme de Tamanrasset. Spiruline dominée par les << DROITES>>.

2-2-Techniques analytiques

2-2-1 Dispositif expérimental

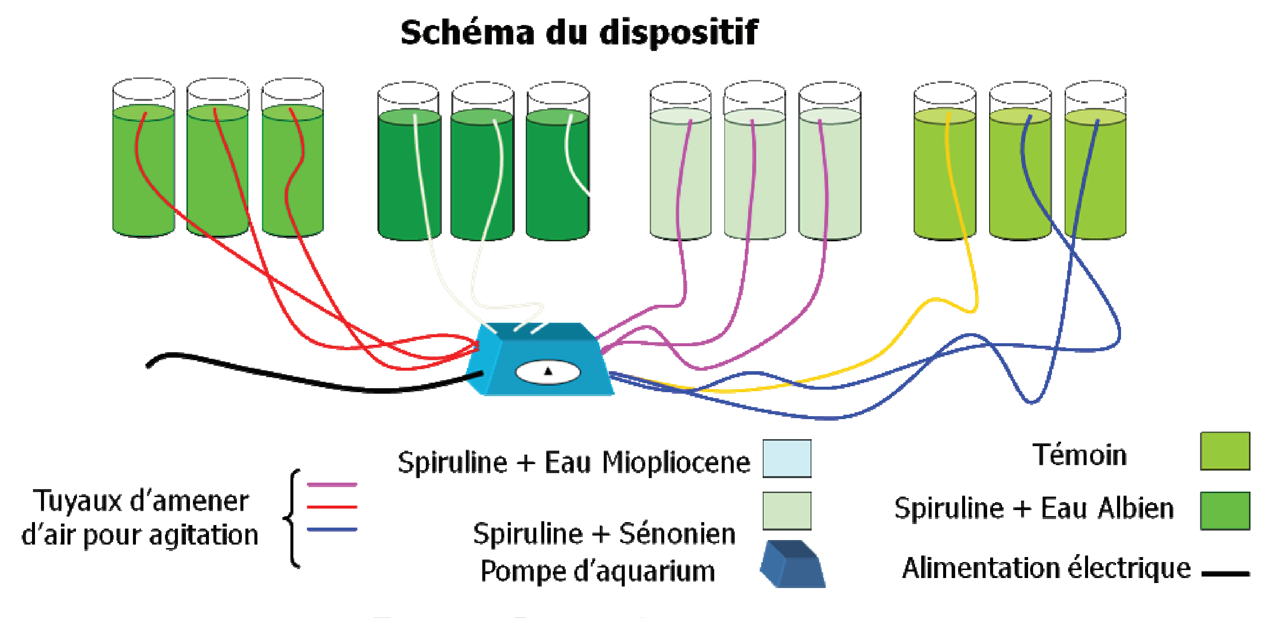


Figure 6 : Dispositif expérimental

La souche est cultivée dans des bouteilles (12 au total) en plastique et des milieux de culture composés, essentiellement, des eaux des différentes nappes: Mio Pliocène (MP), Sénonien (S) et Albien (ALB) de la région, ajouts à doses égales. Le volume du milieu de culture évolue (30%) par les ajouts quotidiens calculés en fonction de la dose de semence mesurée initialement et d'un calendrier préétabli. Un témoin est conservé et, traité dans les mêmes conditions; il reçoit le milieu de culture préconisé par Mr HIRI.

Le dispositif, installé dans un aquarium, est composé, en plus des bouteilles, de générateurs d'air et d'accessoires pour l'agitation, d'une source de chaleur pour le maintient d'une température cohérente et d'un éclairage nocturne, constitué par deux ampoules de 40 watts.

2-2-2- Les paramètres mesurés :

Physiques et chimiques :

- **Le pH** :

Le pH est mesuré quotidiennement. Il permet la vérification de la stabilité de la culture et les fluctuations possibles en fonction des variations accidentelles pouvant êtres causées par la variation de la température.

- **La salinité** :

La salinité est un facteur limitant dans la culture de la spiruline. Sa variation et le dépassement des limites de concentration permises peuvent générer des accidents dans la culture ; particulièrement le métabolisme des bactéries (arrêt de la croissance ; modifications des valeurs des éléments composants de la spiruline..).L'agitation du milieu de culture ainsi que l'évaporation pouvant être causée par la température de l'eau, sont des sources potentielles d'augmentation de la salinité.

- **La température** :

La température est un facteur limitant dans la croissance ; pour les températures élevées et au delà de 43°C c'est le seuil de mortalité de la spiruline. Les températures basses, en deçà de 28°C freinent sa croissance. La température optimale est 37°C. Dans l'étude, la température ambiante est assurée par des ampoules électriques.

La température du liquide de culture influence directement la vitesse de croissance de la spiruline: bien qu'assez résistante au froid (jusqu'à 3-5°C au dessus de zéro), la spiruline ne commence à croître d'une manière appréciable qu'au dessus de 20°C. La vitesse de croissance est maximale vers 35-37°C. Au delà de cette température, on risque rapidement une destruction de la culture (qui survient à coup sûr après quelques heures au delà de 43-44°C). Notez que de brusques variations de température sont néfastes.

Biologiques :

La numération :

Appelé dans les cultures de spiruline en bassin<<Secchi>> (terme désignant la concentration atteinte par la culture) On utilise pour cela un " disque de Secchi ": il s'agit d'une règle graduée à l'extrémité de laquelle se trouve fixé (perpendiculairement) un petit

disque blanc. On plonge cet instrument dans la culture, jusqu'au point où le disque cesse d'être visible. La profondeur du disque est alors lue sur la règle graduée. Une culture est diluée si le disque de Secchi reste visible au delà de 5-6 cm de profondeur; une valeur de 2-3 cm correspond à une culture prête à la production.

C'est la densité des filaments de spiruline dans le milieu de culture .Le Secchi détermine l'opportunité de la récolte. Les prélèvements pour la numération, sont effectués et mesurés régulièrement.

2-2-3- Normes de conduite et choix des accessoires.

Tableau.6 : Normes à respecter (JOURDAN, 1999)

paramètres	valeurs
température	22°C < 38°C
pH	8.5 < 11.3
Secchi	0.5 < 5
Densité	1000 < 1020
hauteur des cultures	18 cm à 22 cm

2-2-4 Matériel nécessaire pour le contrôle de la bonne marche des cultures
(JOURDAN 1999)

- Thermomètre pour contrôler la température des bassins (plage 10°C à 60°C, ou 0°C -100°C) Eviter les thermomètres à mercure qui, en cas de casse, peuvent polluer la spiruline. Des thermomètres à alcool ou électronique digitaux sont conseillés.
- Disque de Secchi pour contrôler la concentration en spiruline dans les bassins (il faut le fabriquer soi-même)
- ph-mètre avec une ou des électrodes de rechange, avec des étalons de pH 7 et 10 en gélules, avec des piles de rechange ;
- Du papier pH pour contrôler le pH
- Un densimètre (1 - 1.05) pour contrôler la concentration de sels dans les milieux de culture
- Un microscope pour contrôler les contaminations éventuelles des cultures et s'assurer de la morphologie des spirulines. (microscopes monoculaires, grossissement 50 X à 400 X).

- Du papier filtre : des filtres à café n°4 sont parfaits ; rouleaux de Sopalin.
- Des aquariums pour lancer des ensemencements ou pratiquer les tests de toxicité [à de cistes (œufs) d'Artémias]
- Nombreux récipients en plastique transparents, avec couvercles, genre Curver ou Tupperware, pour des stockages divers (spiruline fraîche, spiruline sèche en attente d'emballage, pratique du test d'humidité résiduelle)

Plusieurs balances : de quelques grammes à 1 ou 2 kg maximum, sensible et juste.

Remarque: les balances électroniques que l'on trouve un peu partout (usage cuisine le plus souvent) sont sensibles, commodes (on peut mettre la tare en mémoire), digitales (les risques d'erreurs de lecture sont diminués) et bon marché. Cependant, à moins d'acheter des modèles spécialement "tropicalisées", - plus chers et rares - leur durée de vie dans l'atmosphère humide des Tropiques est très courte : quelques mois dans certains cas. Les balances Roberval sont des balances idéales mais on en trouve de moins en moins. Les pèse-bébés existent dans différentes plages de mesure et sont à recommander car ce sont des bascules et non des "pesons". Enfin, pour peser des sacs d'intrants, une balance"romaine" allant jusqu'à 25 ou 50 kg rendra les plus grands services.

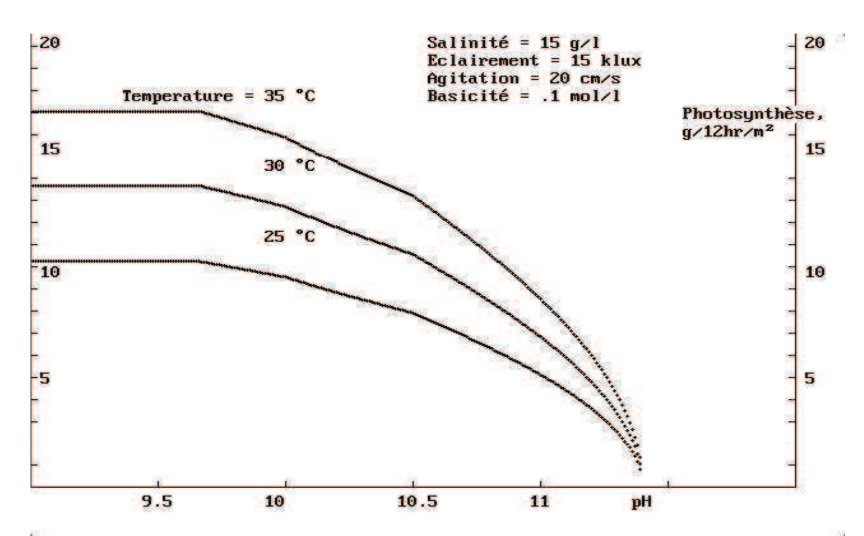
- Éprouvettes pour mesurer des liquides ; pipettes graduées à 1 trait ou 2 traits
- Récipients en plastique (gradués si possible): seaux, flacons, bouteilles, bidons, bassines.
- Kits d'analyse des principaux intrants (fer, nitrates, nitrites, phosphates, dureté de l'eau)

3-1- graphiques des paramètres de conduite de la culture (. Zerrouk 1966)

Ces courbes et graphes établis dans le cadre expérimental, dans des conditions optimisées sont révélateurs du comportement de la culture en fonction de paramètres donnés.

NB : La culture utilisée pour l'établissement de ces courbes par Dr. C. Zerrouk ; est à base d'eau distillée en application d'une formule spécifique pour le milieu de culture.

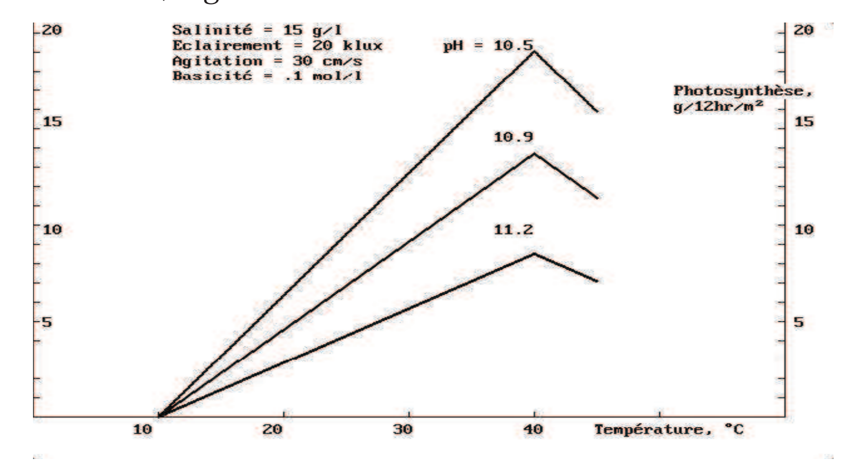
3-1-1 Vitesse de photosynthèse de la spiruline en fonction du pH d'après Zarrouk, Fig7



La spiruline, dans son milieu naturel, évolue dans une eau alcaline dont le pH évolue entre 8,5 et 13.Au delà ou en deçà de cette fourchette la croissance s'arrête.

Le Carbonate et le Bicarbonate, ainsi que la soude sont indispensables pour le maintient d'un pH cohérent.

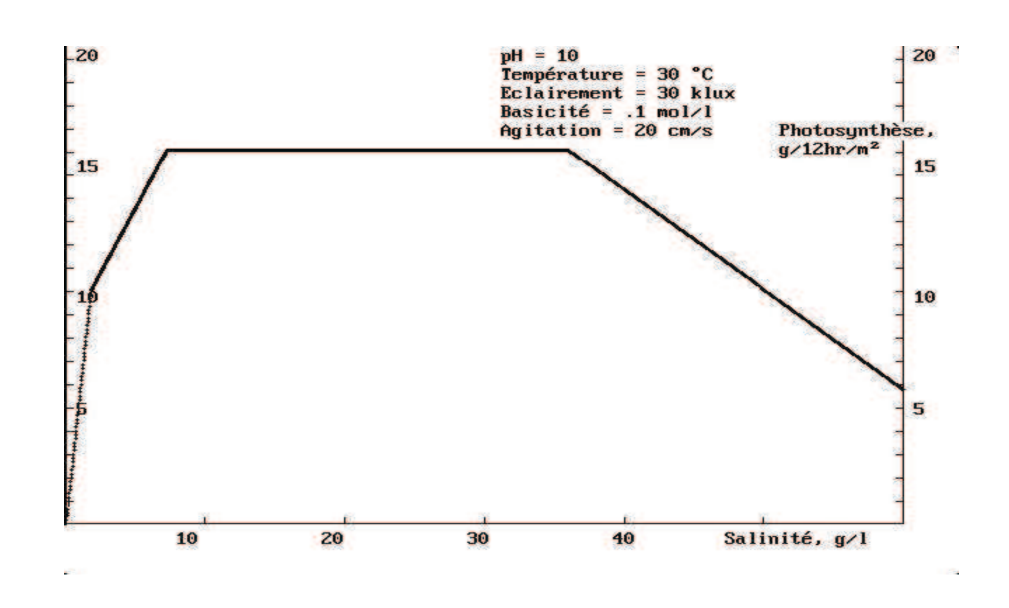
3-1-2-Vitesse de photosynthèse de la spiruline en fonction de la température de la culture d'après Zarrouk, Fig.8



La température étant un facteur limitant dans la production de la spiruline ; sa variation peut entraîner des comportements entraînant des variations dans la croissance de

l'algue. Au delà de certaines limites nous pouvons constater un arrêt total de la croissance (températures basses) ou, une mort (températures supérieures à 43°C).

3-1-3 Vitesse de photosynthèse de la spiruline en fonction de la salinité du milieu d'après Zarrouk, Fig.9



La salinité est aussi un facteur limitant dans la culture de la spiruline. Au delà de30g/litre la croissance s'arrête. Cependant les travaux réalisés par Mme Vololonavalona de l'ISH de Madagascar avèrent que pendant la période de desséchement du lac, il y avait encore de la spiruline alors que le taux de salinité de l'eau à atteint 200g/litre.

3-2-Caractéristiques des eaux utilisées (mg/litre.)

3-2-1-De la nappe du Moi Pliocène : Tableau.8

NOM DU FORAGE	NAPPE	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	K^{+}	Cl^{-}	SO^{2-}_{4}	HCO^{-}_{3}	NO^{-}_{3}	PH	CE (µS/cm
D1F144 UNIVERSITE	MP	232	124	424	14	742	934	156	9	7.4	1090

MIO PLIOCENE Les eaux de cette nappe présentent un **faciès chloruré sodique** dont la T° varie de 23° à 30°c, **le pH de 7.2 à 9.5** et le résidu sec de 1.5 et 8 mg/l.

3-2-2-De la nappe du Sénonien : Tableau.9

NOM DU FORAGE	NAPPE	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	K^{+}	Cl^{-}	SO^{2-}_{4}	HCO^{-}_{3}	NO^{-}_{3}	PH	CE (µS/cm
D3F22 ABATTOIRE	S	174	86	229	7	410	662	102	7	8.2	2000

SENONIEN Reconnu sur une épaisseur de 360 m, repose sur la série imperméable du **Sénonien lagunaire carbonaté** c'est le plus exploité pour la consommation domestique dans la ville de Ouargla vu la bonne qualité de ses eaux par rapport aux autres nappes

3-2-3-De la nappe de l'Albien : Tableau.10

NOM DU FORAGE	NAPPE	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	K^{+}	Cl^{-}	SO^{2-}_{4}	HCO^{-}_{3}	NO^{-}_{3}	PH	CE (µS/cm
EL HADEB 1	AB	158	125	217	7	420	680	114	0	7.42	1880

ALBIEN Pour les eaux de cette nappe, **le faciès chimique est sulfaté magnésien.** La T° des eaux est de 45° à 57°c, **le pH de 7,7 à 8,8** et le résidu sec de 1,5 à 2,4.

Les résultats de l'analyse de variance concernant les eaux des forages des trois nappes objet de l'étude ; Mio pliocène (10 forages) Sénonien (09 forages) Albien (02) sont :

1/ Pour le Magnésium et le Calcium, très hautement significatif. Nous sommes en présence d'eaux dures. Ces écarts entre les différentes nappes et, à l'intérieur de chaque nappe démontre l'attention particulière quant à l'utilisation de ces eaux pour la confection d'un milieu de culture pour une dilution faible à l'ensemencement car, l'excès de ces éléments provoque la constitution de boues minérales dont l'action avec l'agitation est l'entraînement des spirulines vers le fonds.

2/ Pour le Sodium et le Chlore les résultats obtenus comparés aux limites proposées par la bibliographie permettent une moindre inquiétude puisque des doses par litre plus importantes sont tolérées par la spiruline.

3/ Pour les autres éléments, Carbonates, Sulfates et Nitrates il y a lieu, lors de l'ajout de d'autres sources d'azote tels l'ammoniac ou l'urée ; qui sont les sources préférées des spirulines, d'éviter de dépasser les limites permises car au-delà, il se développe une toxicité qui peut nuire sérieusement à la culture.

Les résultats, de l'étude des paramètres, qui suivent nous permettent de mieux saisir les particularités de l'interaction des éléments composant le milieu de culture pour chaque type d'eau et, les impacts sur la croissance de la spiruline.

3-3-Culture de Spiruline à Ouargla.

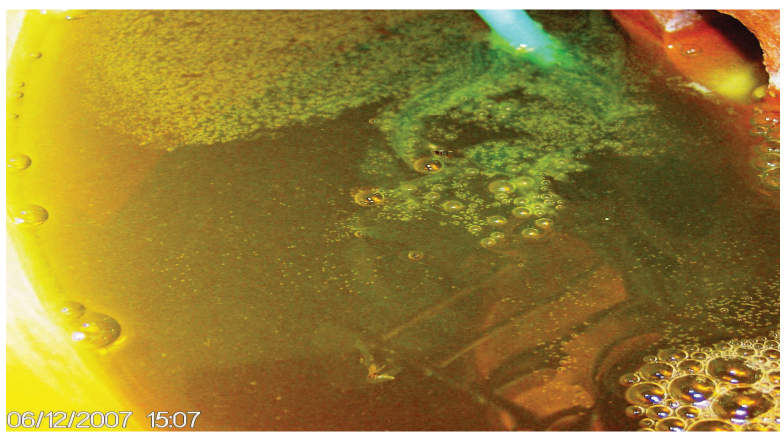


Photo.3 : Essai de production de spiruline à Ouargla (photo : A.SAGGAI)

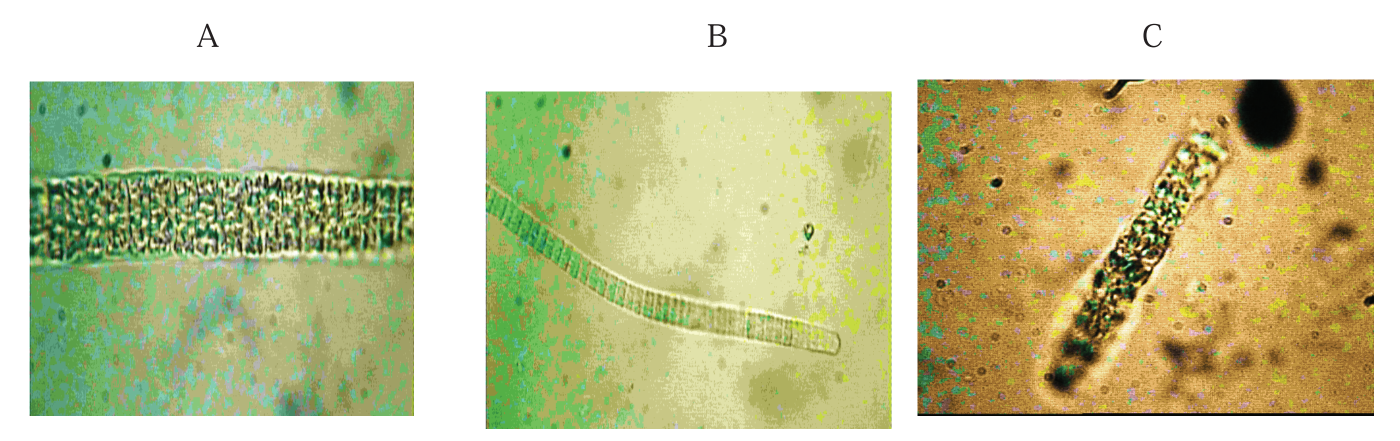


Photo 4: Spirulines droites et spiralées (micro photos A.SAGGAI et S.SAADINE)

LABO ECOSYSTEMES UKM.OUARGLA 12/12/2007 et 06/01/2008

3-4-TEMPERATURE.

Un climat à températures variables peut être fatidique pour une culture de spiruline en « plein air ».Le tableau suivant nous donne des indications sur ce qui peut être un inconvénient majeur pour cette culture.

Tableau 11 : Données climatiques région de Ouargla (1982 – 2000) (O.N.M, 2001)

	T. Moyen. (°C)	Insolation / Heures	Vitesse de vents (m/s)
Janvier	11.29	237.00	2.90
Février	13.73	232.90	3.27
Mars	17.02	260.88	4.51
Avril	21.88	267.44	4.72
Mai	26.83	263.26	4.87
Juin	32.66	311.86	4.85
Juillet	34.86	348.02	4.44
Août	34.70	321.68	4.11
Septembre	30.16	257.57	4.29
Octobre	23.50	258.51	3.90
Novembre	16.25	234.72	2.94
Décembre	12.17	224.18	3.00
Moyenne	22.92	268.16	3.98

Dans ce tableau qui récapitule certains facteurs climatiques de la région, nous pouvons constater qu'une culture de spiruline « à ciel ouvert » présente plusieurs inconvénients particulièrement du mois de Mars au mois de Novembre du fait de l'ensoleillement ; risques de photolyse et, des vents, par l'apport de poussières qui constituent ainsi une source de pollution de la culture.

Les températures, présentent cependant une périodicité convenable pour la production de la spiruline ceci, moyennant une surveillance et un recouvrement de la culture durant les nuits fraîches. Cela, à cause des variations importantes entre les températures diurnes et nocturnes.

Cependant ce climat peut être compensé artificiellement, comme pour tous les végétaux. L'abritation de la culture dans un aquarium ou sous abri, permet la conservation d'une température relativement constante, les aléas pouvant survenir à cause de pannes d'électricité ou d'ampoules grillées, sources de chaleur, peuvent être maîtrisés par un contrôle assuré régulièrement, d'où un écart non significatif dans les variations de température, pour

les normes de la culture de la spiruline dans le cadre de l'étude. Par ailleurs l'abri de la culture est d'autant plus intéressant qu'il constitue une protection contre le froid, l'évaporation, les insectes, les poussières et, tout autre élément pouvant polluer la culture.

Pour l'ensemble des échantillons, le constat de variations de température est lié aux distances entre la source de chaleur et l'emplacement de chaque échantillon.

L'ensemble des figures (1 à 12) portant les différents relevés des paramètres étudiés indiquent une variation allant de 30°C à 36°C ; ce qui conforte le cours de l'expérimentation, à savoir, un maintien de la température dans les normes requises. (28°C à 43°C).D'ailleurs c'est à cette fourchette de températures que nous obtenons les meilleurs taux de croissance de la spiruline.

Il y a lieu de constater, pour les figures (1, 2, 3,4) rapportant l'évolution de la numération en fonction de la température, celle relative à l'eau de la nappe du Sénonien (figure 3) donne le meilleur taux (10000) ; comparé aux eaux des autres nappes.

3-4-1-RELATION TEMPERATURE -NUMERATION

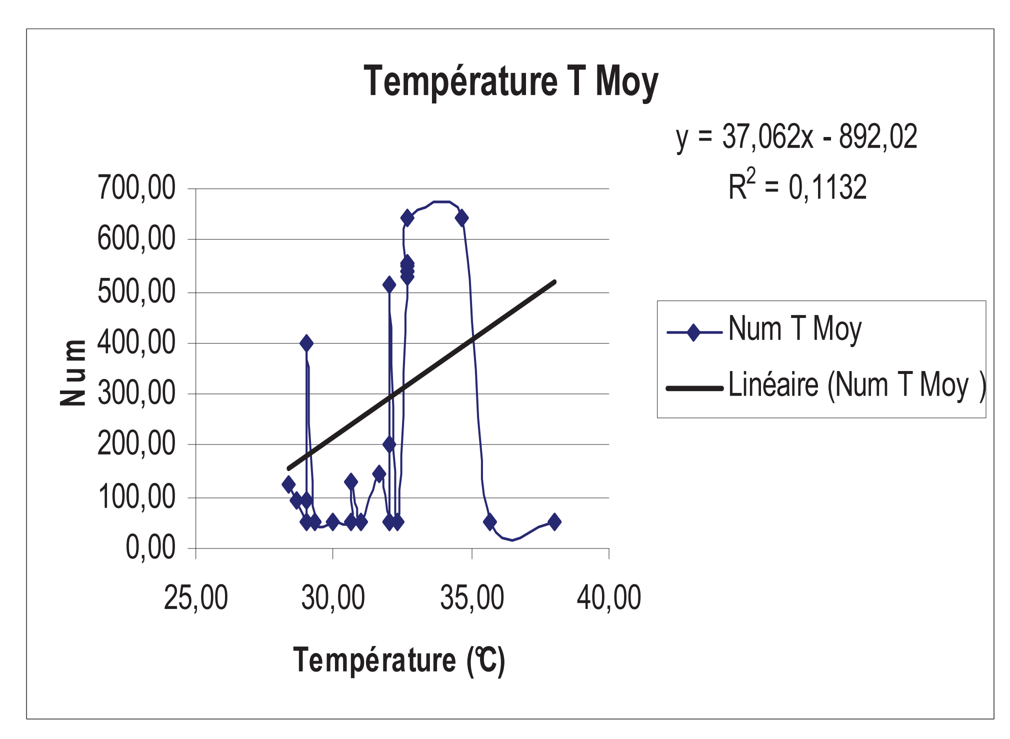


Figure 10
(Ajout d'eau carbonatée)

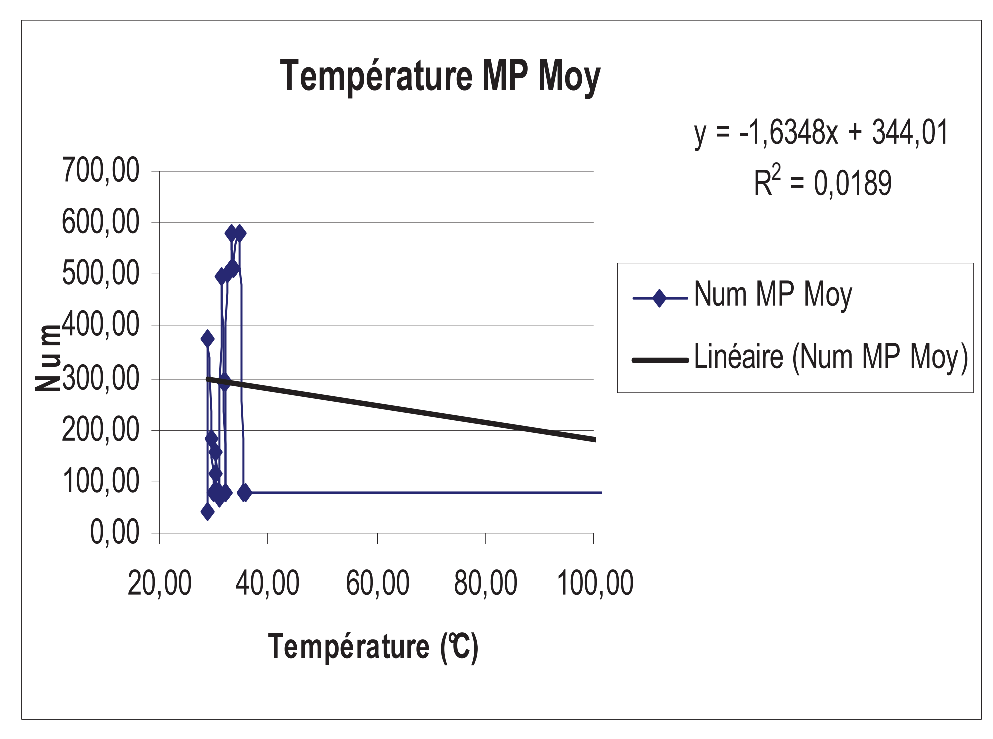


Figure. 11
(Ajout d'eau de la nappe du Mio Pliocène)

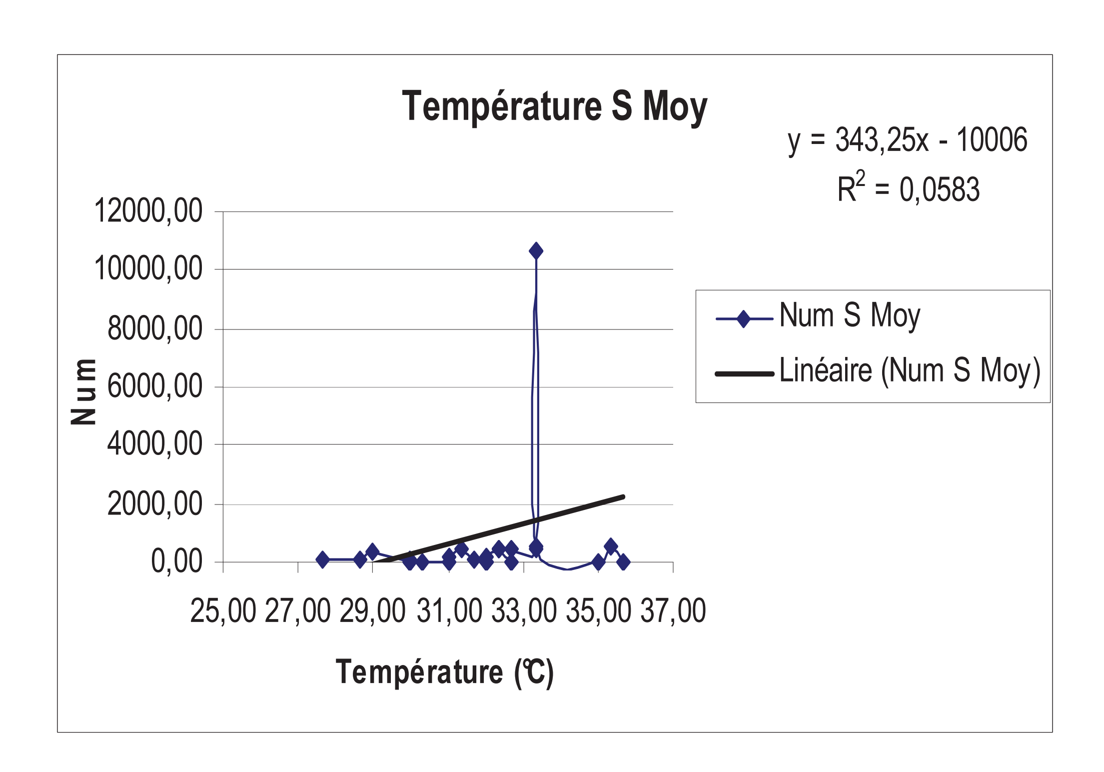


Figure 12
(Ajout d'eau de la nappe du Sénonien)

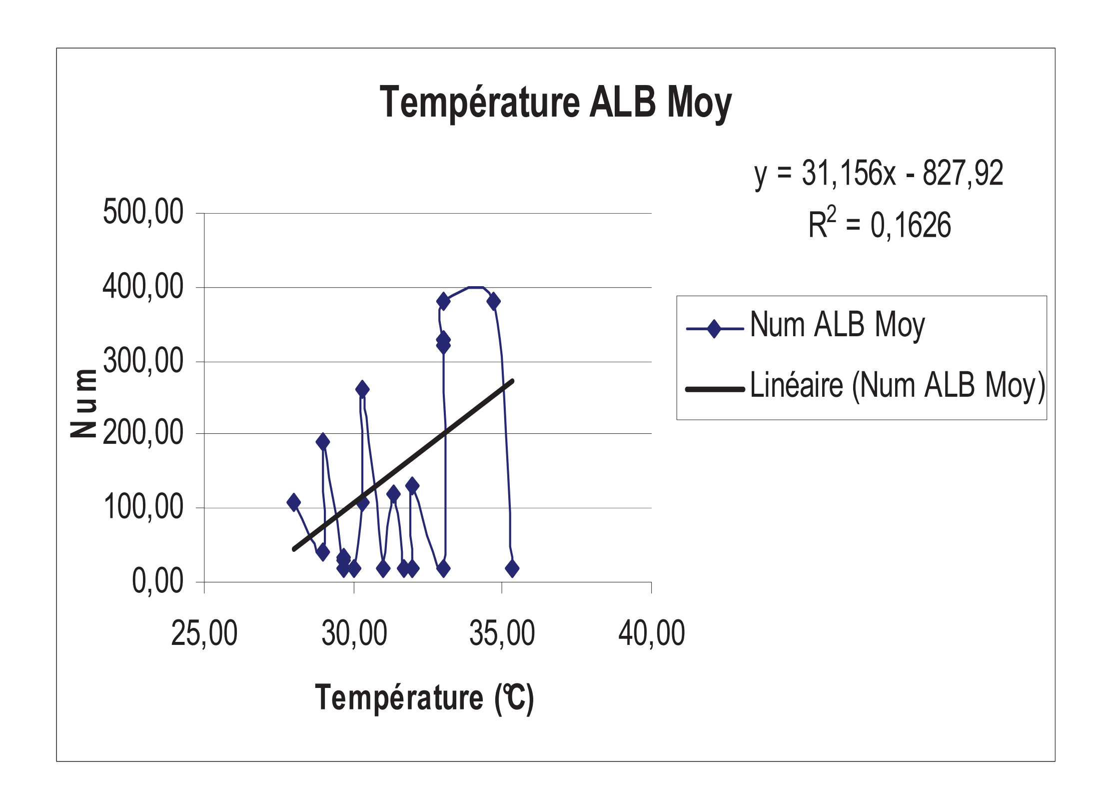


Figure 13
(Ajout d'eau de la nappe de l'Albien)

3-5-CONDUCTIVITE ET SALINITE.

Les spirulines vivent dans une eau à la fois salée et alcaline.

Les limites de salinité et d'alcalinité (basicité) permises sont assez larges mais on se place en général vers les minima, pour des raisons d'économie, avec une salinité totale de 13 g/litre et une basicité de 0,1 molécule-gramme/litre (b = 0,1) ; mais ces concentrations peuvent être doublées sans inconvénient (JPJ 2000).

Nous avons vu précédemment que le Dr Vololonavalona (IHSM), dans le cadre de sa thèse de doctorat, a montré qu'à une concentration de 200g/litre de sel il y avait présence de la spiruline du type Lonar,dans le lac de Belanda (Madagascar) qui était en cours de d'assèchement. A la période des pluies la culture reprenait son cours normal.

Les résultats de l'étude, très en deçà des limites extrêmes de survie de la spiruline ont permis sa croissance normale

3-5-1-RELATION CONDUCTIVITE-NUMERATION

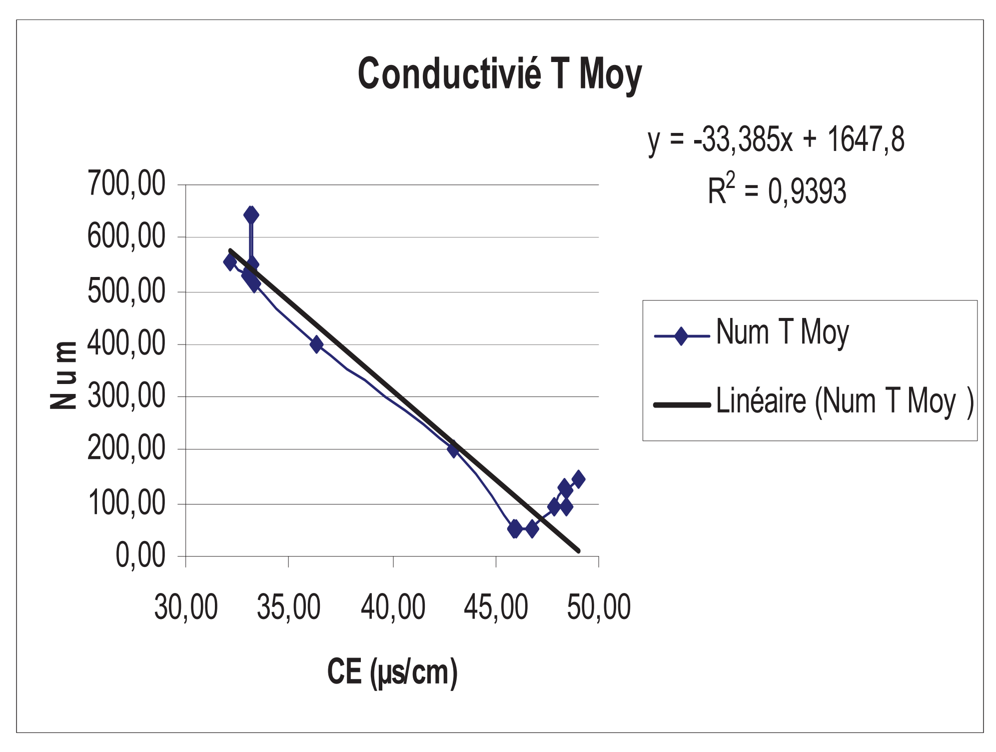


Figure 14
(Ajout d'eau carbonatée)

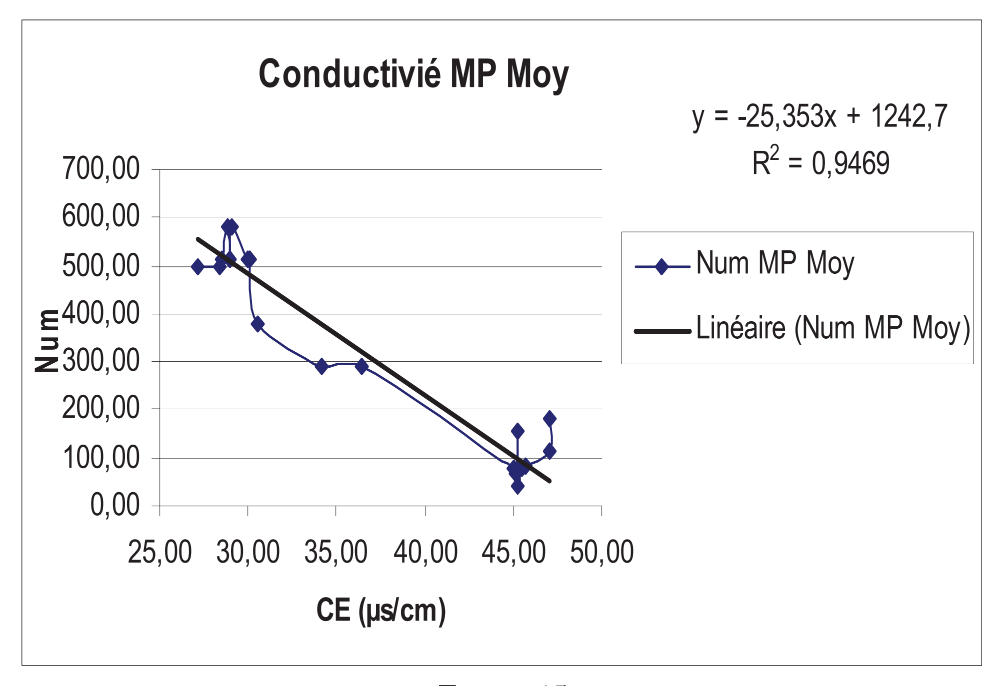


Figure 15
(Ajout d'eau de la nappe du Miopliocène)

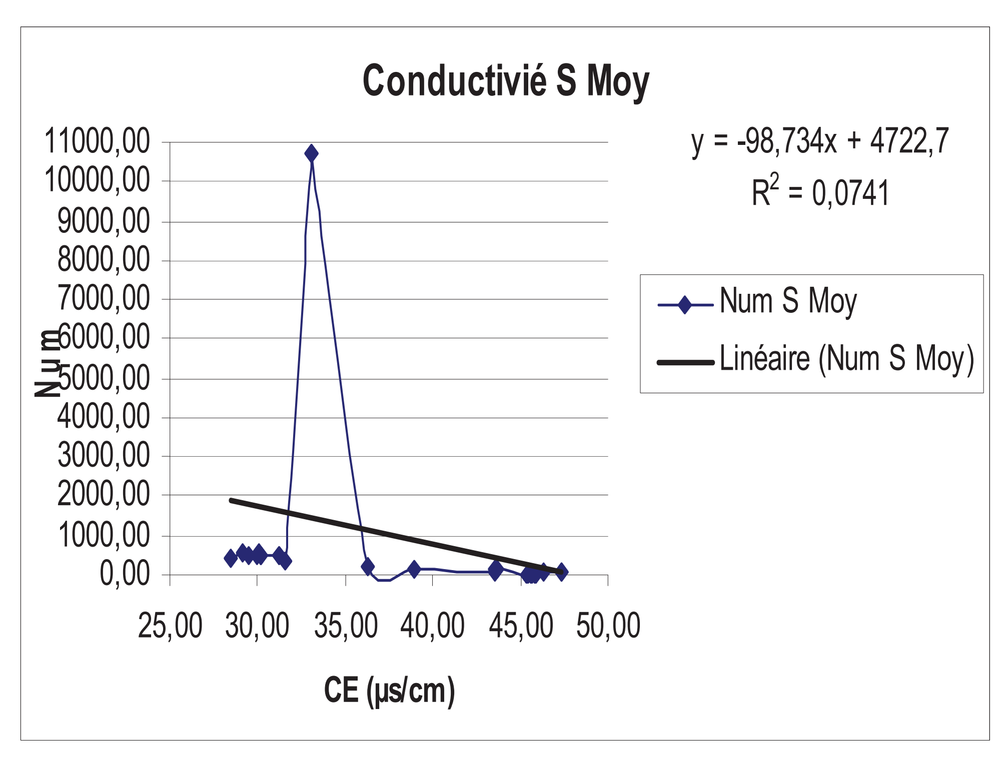


Figure 16
(Ajout d'eau de la nappe du Sénonien)

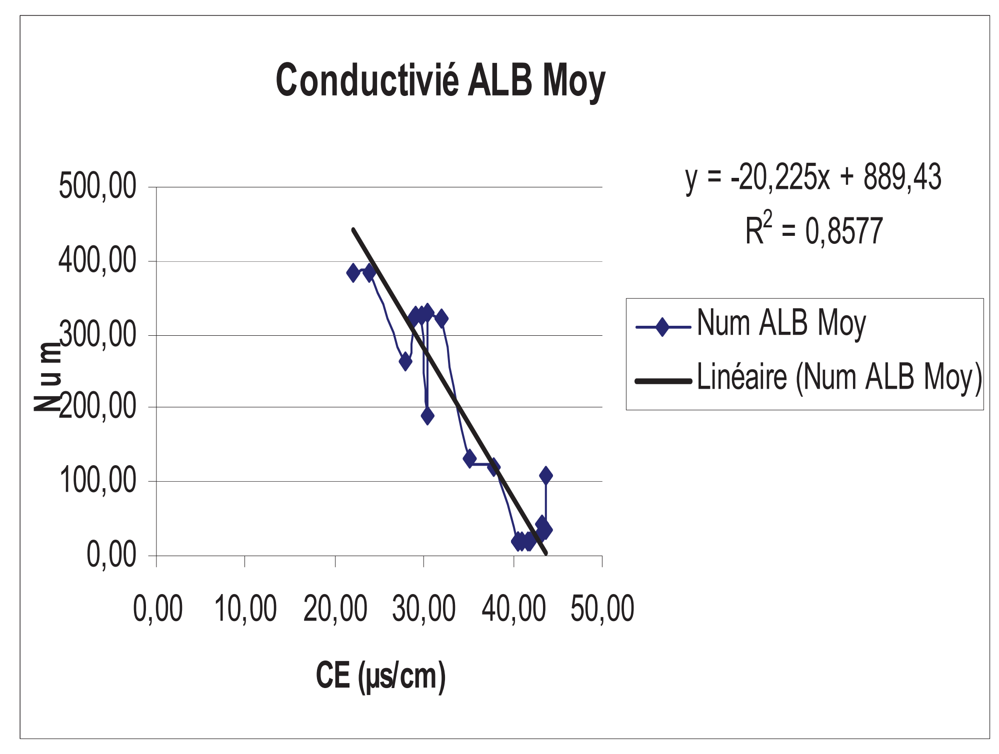


Figure 17
(Ajout d'eau de la nappe de l'Albien)

3-5-2-RELATION SALINITE -NUMERATION

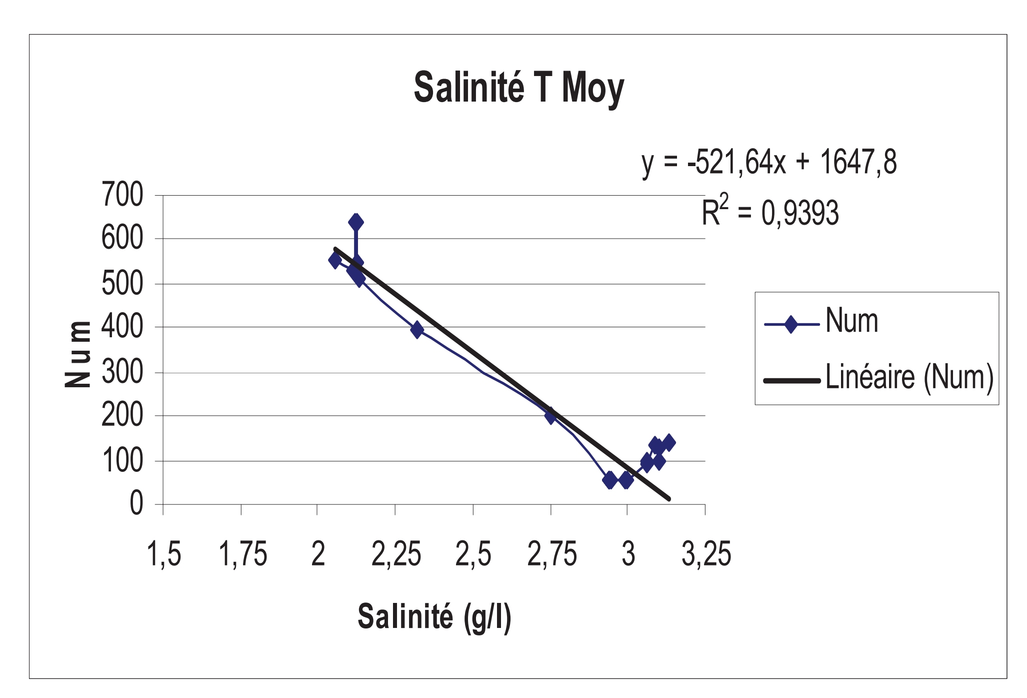


Figure 18
(Ajout d'eau carbonatée)

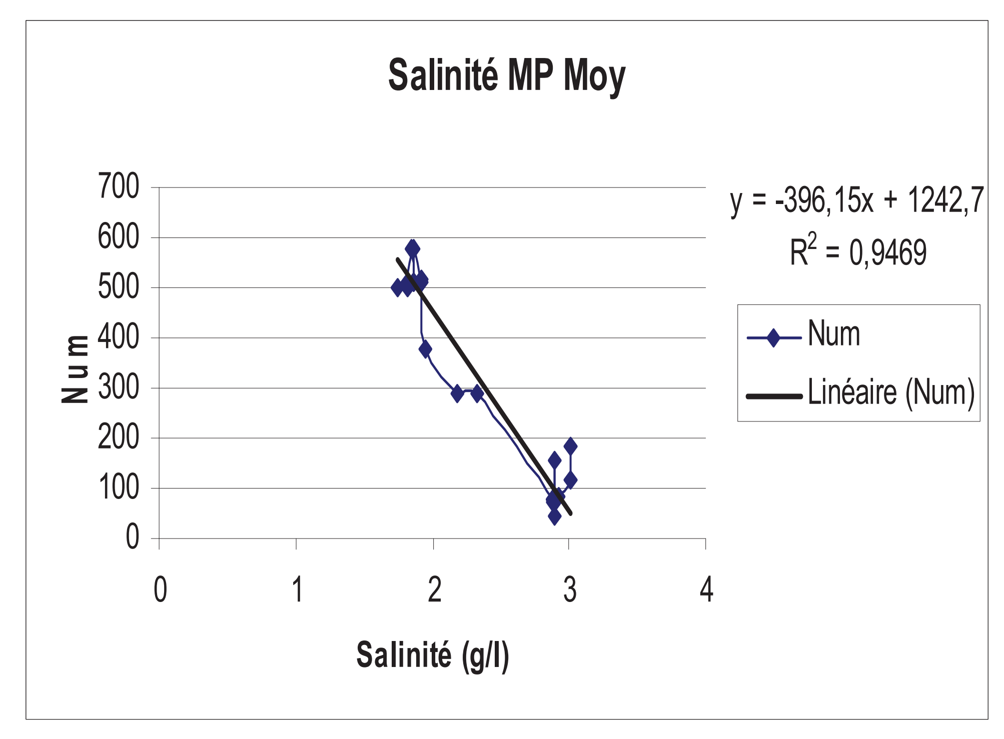


Figure 19
(Ajout d'eau de la nappe du Miopliocène)

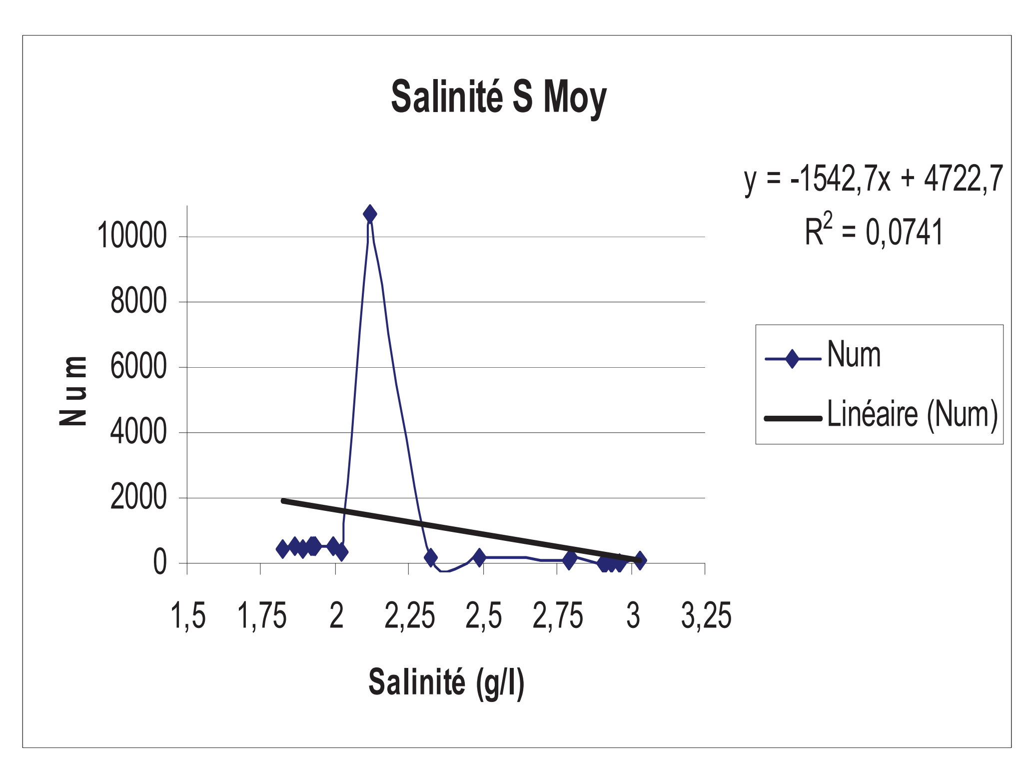


Figure 20
(Ajout d'eau de la nappe du Sénonien)

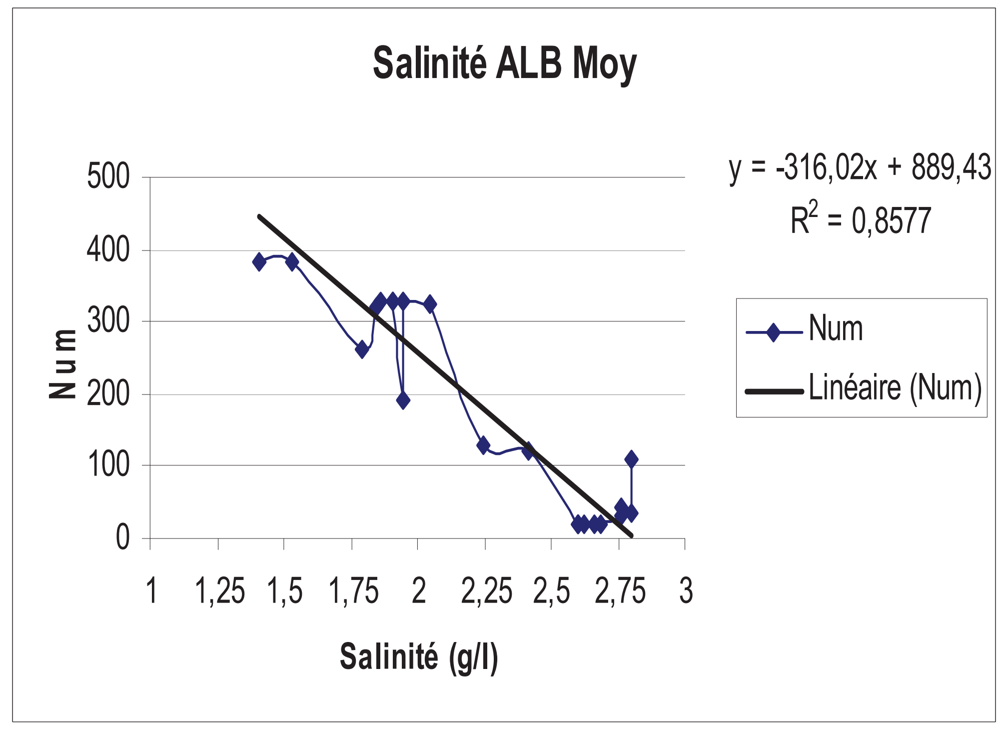


Figure 21
(Ajout d'eau de la nappe de l'Albien)

3-6-Le pH

L'alcalinité est habituellement apportée par du bicarbonate de sodium, mais ce dernier peut être remplacé en partie par de la soude caustique ou du carbonate de sodium pour relever le pH initial du milieu de culture (par exemple 5 g/l de bicarbonate + 1,6 g/l de soude donnent un pH de 10) ; le carbonate ou la soude peuvent même être la seule source d'alcalinité à condition de les bicarbonater au gaz carbonique ou par exposition à l'air avant usage. Le trôna ou Natron ; composé non radioactif composé d'éléments de base sodium, hydrogène, carbone, et oxygène. Sa couleur peut changer de blanc, gris jaune ou elle peut même être sans couleur. Le poids moléculaire est de 286.14 GMs. La formule empirique de Natron est Na2 (CO3) x10 (H2O) et sa formule chimique est Na2CO3x10 (H2O). Natron peut être trouvé dans les lits salins de lac dans les environnements arides. Le natron nommé est latin dans la signification « soude d'origine. » sa densité peut s'étendre de 1.42 - 1.47 ; peuvent aussi être utilisés ; ils sont par ailleurs recommandés, quand disponibles, pour la préparation du milieu de culture.

Notons que l'eau de la nappe du Sénonien est à une basicité proche de 8,4 et, peut aller jusqu'à un pH de 9,5 ce qui n'exige pas d'ajout important pour le relèvement du pH. L'apport de natron par la culture qui a servi à l'ensemencement initial a contribué à l'accroissement du pH dont la stabilité entre 9,8 et 9,9 est considérée optimum pour la culture de la spiruline.

3-6-1-RELATION PH -NUMERATION

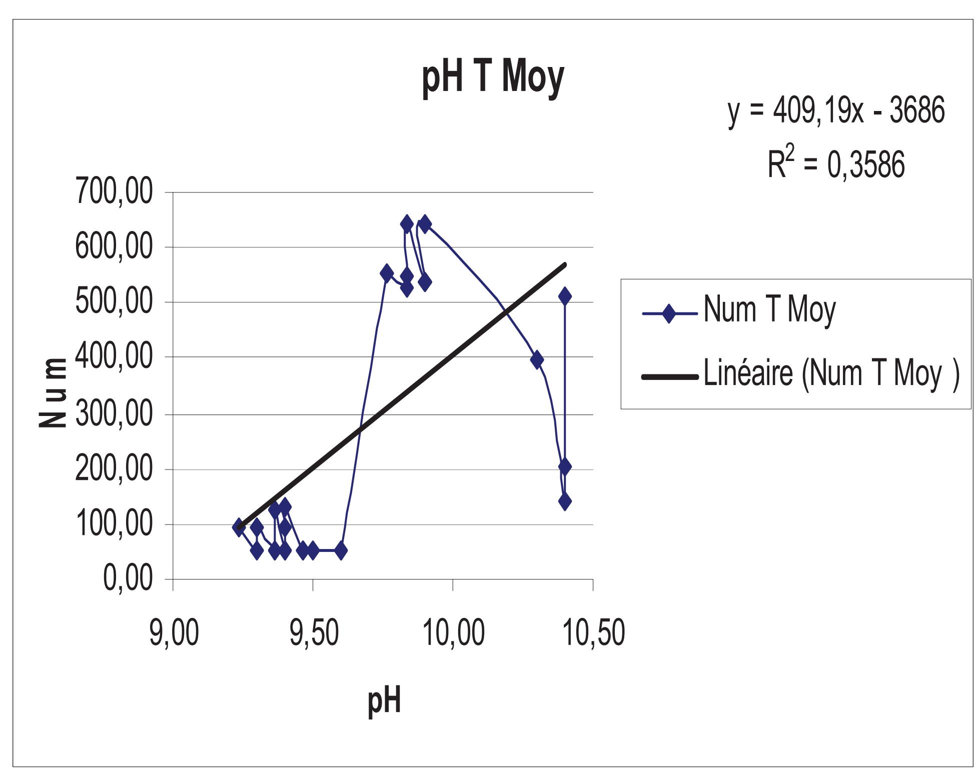


Figure 22
(Ajout d'eau carbonatée)

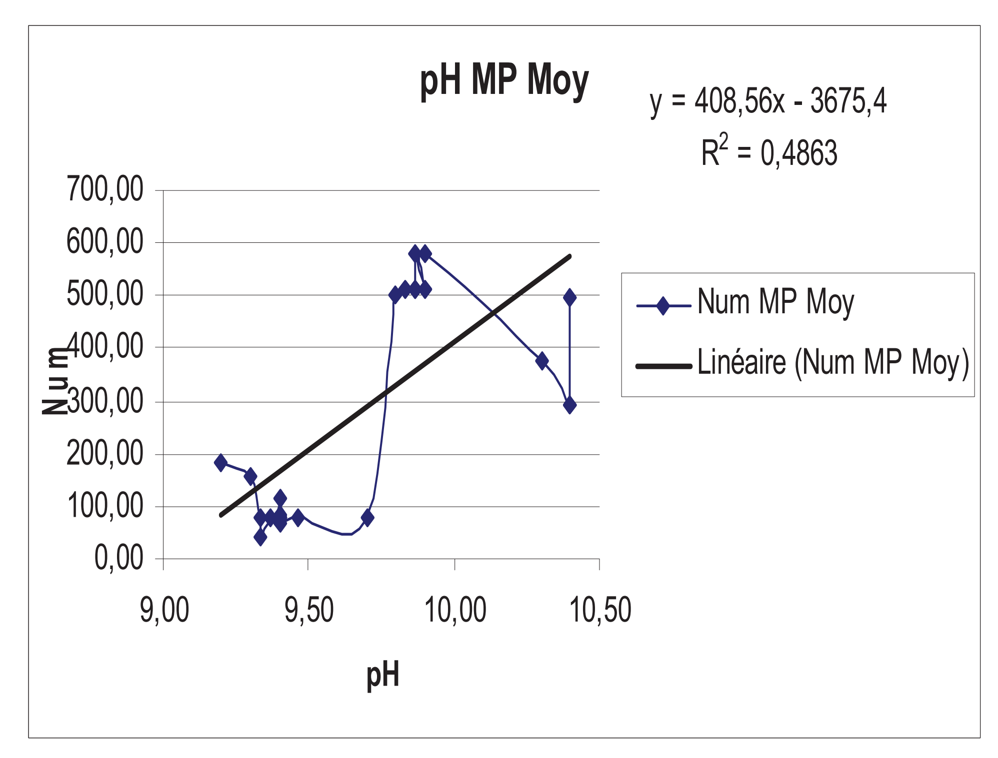


Figure 23
(Ajout d'eau de la nappe du Mio Pliocène)

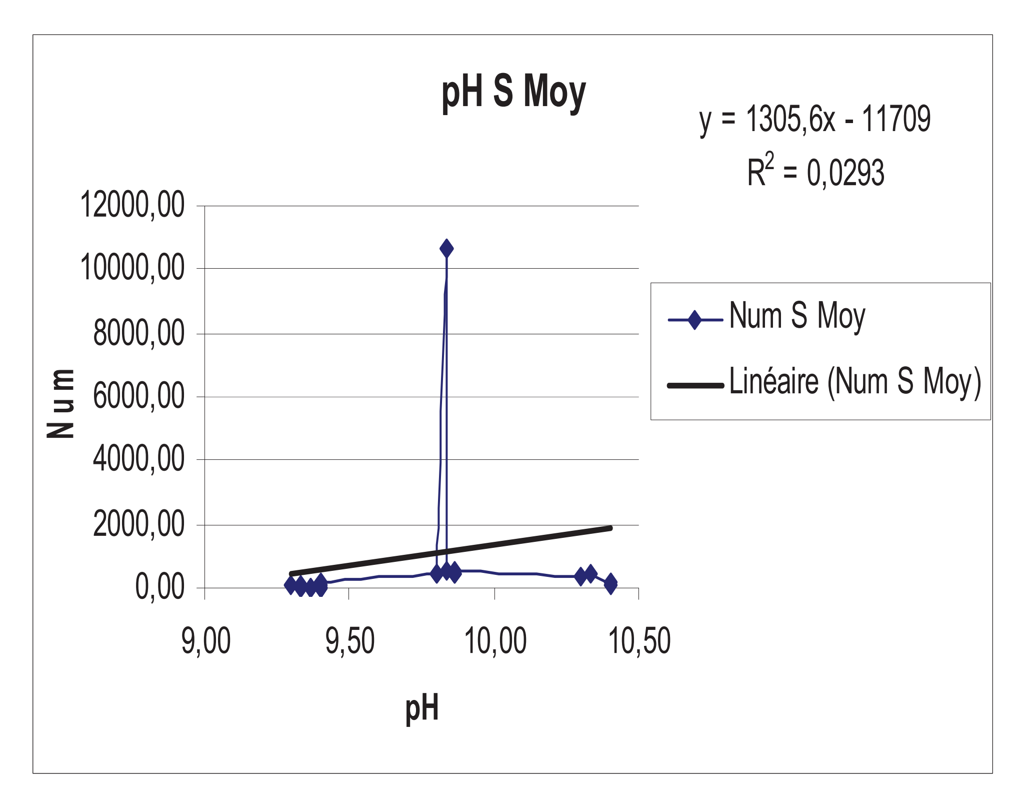


Figure 24
(Ajout d'eau de la nappe du Sénonien)

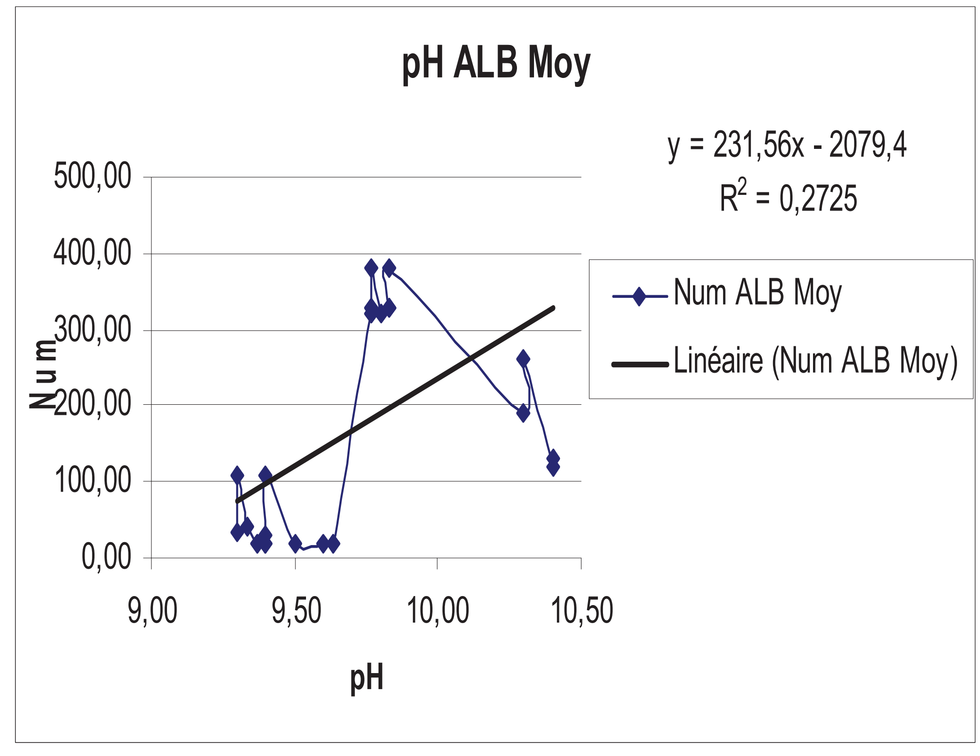


Figure 25
(Ajout d'eau de la nappe de l'Albien)

4-RESUME DES PARAMETRES ETUDIES DE LA CULURE DE LA SPIRULINE

Tableau.11

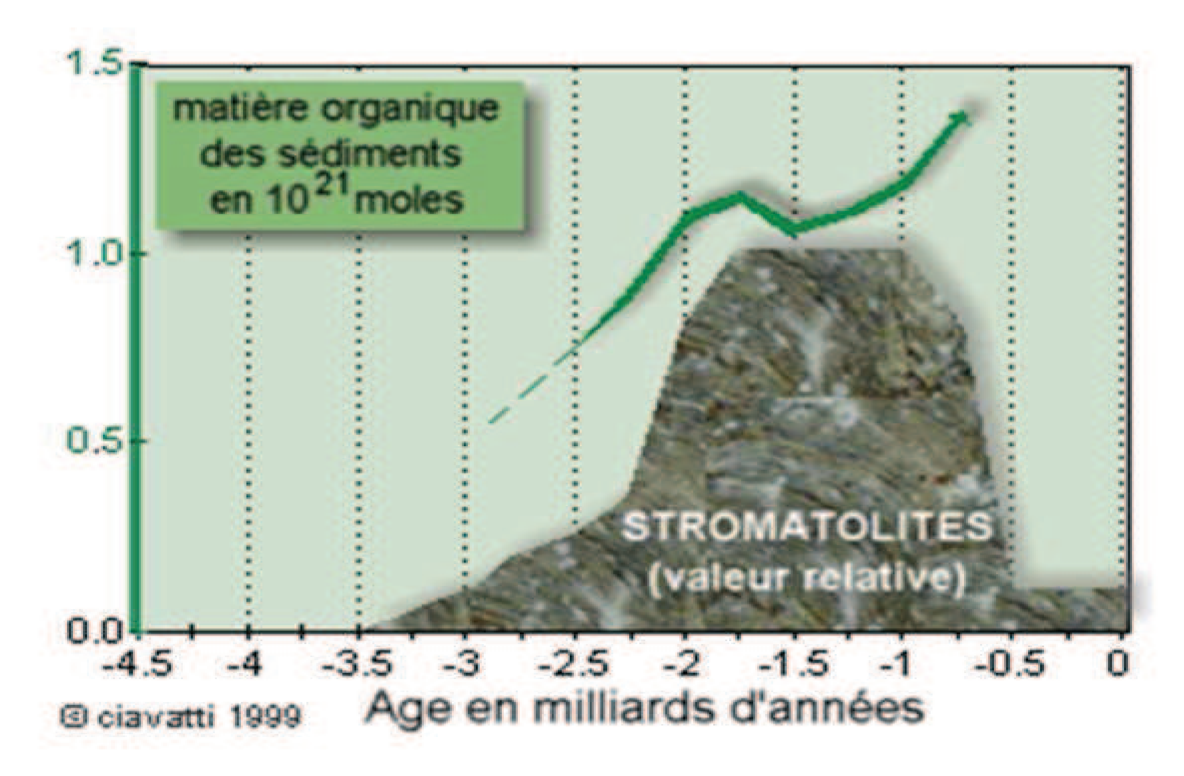
PARAMETRES	VALEURS	NUMERATION
T°C T MOY	32,5 – 37	650
T°C MP MOY	33 -36	600
T°C S MOY	**34**	**10000**
T°C ALB MOY	34-35	400
PH T MOY	9,7-9,9	650
PH MP MOY	9,8-9,9	600
PH S MOY	**9,8-9,9**	**10000**
PH ALB MOY	9,8-9,9	400
SALINITE g/l T MOY	2.10	650
SALINITE « MP MOY	1.80	590
SALINITE « S MOY	**2.10**	**10500**
SALINITE « ALB MOY	1.5	400

Les valeurs ci-dessus, comparées, indiquent pour la nappe du Sénonien une numération élevée. Ce qui nous permet de dire que l'eau de la nappe du Sénonien ; du moins pour celle du forage utilisée dans l'étude ; donne les meilleurs résultats en terme de croissance de la spiruline. Pour les autres valeurs, proches de celles des résultats obtenus pour l'eau de la nappe du sénonien, il semblerait que la numération, faible, se rapporterait à la composition physico-chimique des eaux utilisées et ; provenant d'horizons géo-pédologiques différents.

Données climatiques région de Ouargla (1982 – 2000) (O, N, M, 2001),

	Température Moyenne (°C)	Précipitations (mm)	Humidité Relative (%)	Evaporation (mm)	Insolation par Heurs	Vitesse de vents (m/s)
Janvier	11,29	5,40	62,75	81,39	237,00	2,90
Février	13,73	1,54	54,25	118,06	232,90	3,27
Mars	17,02	4,88	47,00	144,68	260,88	4,51
Avril	21,88	2,60	38,39	225,52	267,44	4,72
Mai	26,83	1,37	34,42	241,97	263,26	4,87
Juin	32,66	0,43	27,32	317,87	311,86	4,85
Juillet	34,86	0,90	25,42	365,40	348,02	4,44
Août	34,70	0,03	29,17	342,12	321,68	4,11
Septembre	30,16	3,40	39,03	257,52	257,57	4,29
Octobre	23,50	4,20	51,57	179,29	258,51	3,90
Novembre	16,25	5,84	55,35	120,13	234,72	2,94
Décembre	12,17	2,91	61,17	91,29	224,18	3,00
Moyenne	22,92	33,50 *	43,82	207,10	268,16	3,98

* Cumulé annuel,



Évolution de la matière organique contenue dans les sédiments du précambrien comparée au développement des stromatholites,



Un bassin de Spiruline à Tamanrasset (nettoyage de pompe)

Résultats analytiques des eaux des nappes profondes " période: février 2002,

NOM DU FORAGE	NAPPE	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	K^{+}	Cl^{-}	SO^{2-}_{4}	HCO^{-}_{3}	NO^{-}_{3}	PH	T,H (F°)	CE (µS/cm)	RS (mg/l)	Mr (mg/l)
D6F45 N'GOUSSA	MP	204	105	304	7	474	875	147	10	8,3	94	2640	2258	2007
D7F4 BAMENDIL	MP	131	130	207	13	352	687	168	7	7,65	86	2110	1652	1599
D6F40 ELKOUM	MP	163	127	295	18	423	748	192	13	8,7	93	2610	2002	1983
D1F146 CITE UNIV	MP	222	108	338	12	520	925	161	7	7,6	100	3090	2566	2343
D1 F110 MATMORA	MP	186	167	478	26	895	763	152	13	7,75	115	4090	3368	3101
D6F86 A,MOUSSA	MP	232	120	440	17	825	659	112	9	7,9	107	3160	2620	2400
D1F144 UNIVERSITE	MP	232	124	424	14	742	934	156	9	7,4	109	3280	2792	2489
D6F97 EL BOUR	MP	200	104	310	18	560	581	141	11	8,05	93	2650	2202	2008
D9F12SIDI KHOUILD	MP	224	126	408	13	731	921	134	12	7,95	108	3150	2626	2391
D6F69 OumRaneb	MP	218	133	440	34	762	934	118	17	7,65	109	3430	2702	2602
D1F124Ghabouz1	SN	158	118	208	16	400	655	120	8	7,34	88	1840	1734	1400
D1F142Ghabouz2	SN	160	122	209	12	407	654	98	10	7,81	90	1860	1742	141
D2F66 SAID OTBA	SN	130	128	200	13	350	634	170	9	7,81	85	2080	1606	1581
D3F21 SOKRA	SN	166	97	219	6	416	679	120	12	7,8	81	2030	1790	1540
D1F112 UNITE AINK	SN	160	126	225	14	400	575	107	12	8,4	85	2600	1724	1973
D1F123CH MEKHA	SN	238	118	428	13	756	942	148	8	8,05	108	3310	2758	2514
D1F149 SELICE	SN	211	105	352	20	600	643	139	5	7,7	96	2740	2288	2079
D3F22 ABATTOIRE	SN	174	86	229	7	410	662	102	7	8,2	80	2000	1854	1521
D1F151 IFRI	SN	180	110	270	19	420	814	122	7	7,85	90	2440	1972	1848
EL HADEB1	AB	158	125	217	7	420	680	114	0	7,42	91	1880	1768	1424
EL HADEB2	AB	150	113	217	9	420	669	96	0	7,62	84	1810	1700	1374

ANOVA à un facteur contrôlé : MP; SN; AB (NO)

Variables	DDL	Somme des carrées	Moyennes des carrées	F calculer	F Théorique			Signification
					5%	1%	1‰	
NAPPES	2	647,27	323,63	66,15	3,33	5,42	8,85	T, H, S, *
Résiduelles	27	132,10	4,89					
Total	29	779,37						

* T, H, S, très hautement significatif

ANOVA à un facteur contrôlé : MP; MP; AB (HCO_3)

Variables	DDL	Somme des carrées	Moyennes des carrées	F calculer	F Théorique			Signification
					5%	1%	1‰	
NAPPES	2	13620	6810	17,96	3,33	5,42	8,85	T, H, S, *
Résiduelles	27	10237	379					
Total	29	23857						

* T, H, S, très hautement significatif

ANOVA à un facteur contrôlé : MP; SN; AB (SO^-_4)

Variables	DDL	Somme des carrées	Moyennes des carrées	F calculer	F Théorique			Signification
					5%	1%	1‰	
NAPPES	2	95877	47939	5,03	3,33	5,42	8,85	S, *
Résiduelles	27	257104	9522					
Total	29	352981						

* S, Significatif

ANOVA à un facteur contrôlé : MP; SN; AB (Cl^-)

Variables	DDL	Somme des carrées	Moyennes des carrées	F calculer	F Théorique			Signification
					5%	1%	1‰	
NAPPES	2	242862	121431	7,36	3,33	5,42	8,85	H, S, *
Résiduelles	27	445183	16488					
Total	29	688045						

* H, S, Hautement significatif

ANOVA à un facteur contrôlé : MP; SN; AB (K^+)

Variables	DDL	Somme des carrées	Moyennes des carrées	F calculer	F Théorique			Signification
					5%	1%	1‰	
NAPPES	2	403,2	201,6	7,56	3,33	5,42	8,85	H, S,*
Résiduelles	27	720,0	26,7					
Total	29	1123,2						

* H, S, Hautement significatif

ANOVA à un facteur contrôlé : MP; SN; AB (Na^+)

Variables	DDL	Somme des carrées	Moyennes des carrées	F calculer	F Théorique			Signification
					5%	1%	1‰	
NAPPES	2	114917	57459	13,35	3,33	5,42	8,85	T, H, S, *
Résiduelles	27	116244	4305					
Total	29	231161						

* T, H, S, très hautement significatif

ANOVA à un facteur contrôlé : MP; SN; AB (Mg^{2+})

Variables	DDL	Somme des carrées	Moyennes des carrées	F calculer	F Théorique			Signification
					5%	1%	1‰	
NAPPES	2	748	374	2,16	3,33	5,42	8,85	N, S, *
Résiduelles	27	4670	173					
Total	29	5419						

* N, S, Non significatif

ANOVA à un facteur contrôlé : MP; SN; AB (Ca^{2+})

Variables	DDL	Somme des carrées	Moyennes des carrées	F calculer	F Théorique			Signification
					5%	1%	1‰	
NAPPES	2	11178	5589	8,42	3,33	5,42	8,85	H, S, *
Résiduelles	27	17927	664					
Total	29	29105						

* H, S, Hautement significatif

RELEVE DES PARAMETRES DE SUIVI DE LA CULTURE

DATES	PARAMETRES	T 1	T 2	T 3	MP 1	MP 2	MP 3	S 1	S 2	S 3	ALB 1	ALB 2	ALB 3
21/05/08	pH	9,3	9,3	9,3	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,6	9,6	9,6
	T°C	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
	COND : ms/cm	46,9	46,7	44,1	44,1	45,1	46,0	46,0	44,3	45,8	39,1	41,4	41,4
	Salinité g/l	3,00	2,99	2,82	2,82	2,89	2,94	2,94	2,84	2,93	2,50	2,65	2,65
24°C	NUM/mm3	55	53	54	180	30	30	30	30	30	17	17	23
22/05/08	pH	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,6	9,6	9,7
	T°C	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	COND : ms/cm	46,9	46,7	44,1	44,1	45,1	46,0	46,0	44,3	45,8	39,1	41,4	41,4
	Salinité g/l	3,00	2,99	2,82	2,82	2,89	2,94	2,94	2,84	2,93	2,50	2,65	2,65
24°C	NUM/mm3	55	53	54	180	30	30	30	30	30	17	17	23
23/05/08	PH9,6	9,6	9,6	9,6	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,5	9,5	9,5
	T°C	30	28	30	31	30	30	32	30	29	31	31	31
	COND :ms/cm	46,9	46,7	44,1	44,1	45,1	46,0	46,0	44,3	45,8	39,1	41,4	41,4
	Salinité g/l	3,00	2,99	2,82	2,82	2,89	2,94	2,94	2,84	2,93	2,50	2,65	2,65
23°C	NUM/mm3	55	53	54	180	30	30	30	30	30	17	17	23

RELEVE DES PARAMETRES DE SUIVI DE LA CULTURE

DATES	PARAMETRES	T 1	T 2	T 3	MP 1	MP 2	MP 3	S 1	S 2	S 3	ALB 1	ALB 2	ALB 3
24/05/08	pH	9,3	9,4	9,4	9,3	9,4	9,5	9,4	9,3	9,3	9,4	9,4	9,4
	T°C	31	31	30	31	31	31	31	32	30	31	31	31
	COND : ms/cm	46,9	46,7	44,1	44,1	45,1	46,0	46,0	44,3	45,8	39,1	41,4	41,4
	Salinité g/l	3,00	2,99	2,82	2,82	2,89	2,94	2,94	2,84	2,93	2,50	2,65	2,65
24°C	NUM/mm3	55	53	54	180	30	30	30	30	30	17	17	23
25/05/08	pH	9,4	9,4	9,3	9,3	9,3	9,4	9,4	9,3	9,4	9,4	9,4	9,4
	T°C	31	31	31	31	321	32	32	32	32	31	32	32
	COND : ms/cm	46,9	46,7	44,1	44,1	45,1	46,0	46,0	44,3	45,8	39,1	41,4	41,4
	Salinité g/l	3,00	2,99	2,82	2,82	2,89	2,94	2,94	2,84	2,93	2,50	2,65	2,65
23°C	NUM/mm3	55	53	54	180	30	30	30	30	30	17	17	23
26/05/08	pH	9,6	9,6	9,6	9,7	9,7	9,7	9,4	9,4	9,4	9,6	9,7	9,6
	T°C	37	36	34	37	36	34	37	35	35	35	36	35
	COND : ms/cm	46,9	46,7	44,1	44,1	45,1	46,0	46,0	44,3	45,8	39,1	41,4	41,4
	Salinité g/l	3,00	2,99	2,82	2,82	2,89	2,94	2,94	2,84	2,93	2,50	2,65	2,65
23°C	NUM/mm3	55	53	54	180	30	30	30	30	30	17	17	23

RELEVE DES PARAMETRES DE SUIVI DE LA CULTURE

DATES	PARAMETRES	T 1	T2	T3	MP 1	MP 2	MP 3	S 1	S 2	S 3	ALB 1	ALB 2	ALB 3
27/05/08	pH	9,6	9,4	9,4	9,3	9,4	9,4	9,5	9,3	9,3	9,4	9,4	9,4
	T°C	38	38	38	36	36	36	35	35	35	35	36	35
	COND : ms/cm	46,9	46,7	44,1	44,1	45,1	46,0	46,0	44,3	45,8	39,1	41,4	41,4
	Salinité g/l	3,00	2,99	2,82	2,82	2,89	2,94	2,94	2,84	2,93	2,50	2,65	2,65
23°C	NUM/mm3	55	53	54	180	30	30	30	30	30	17	17	23
28/05/08	pH	9,5	9,5	9,5	9,5	9,4	9,3	9,3	9,4	9,4	9,4	9,3	9,4
	T°C	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
	COND : ms/cm	46,9	46,8	44,3	44,2	45,1	46,3	46,3	44,3	46,1	39,7	41,7	41,7
	Salinité g/l	3,00	3,00	2,84	2,83	2,89	2,96	2,96	2,84	2,95	2,54	2,67	2,67
24°C	NUM/mm3	55	53	54	180	30	30	30	30	30	17	17	23
29/05/08	pH	9,5	9,5	9,4	9,6	9,4	9,4	9,3	9,4	9,4	9,4	93	9,4
	T°C	33	32	32	33	32	31	32	33	33	33	33	33
	COND :ms/cm	47,7	47,5	45,1	45	45,2	46,3	46,3	45,1	46,1	40,3	42,2	42,2
	Salinité g/l	3,05	3,04	2,89	2,88	2,89	2,96	2,96	2,89	2,95	2,58	2,70	2,70
24°C	NUM/mm3	55	53	54	180	30	30	30	30	30	17	17	23

RELEVE DES PARAMETRES DE SUIVI DE LA CULTURE

DATES	PARAMETRES	T 1	T2	T3	MP 1	MP 2	MP 3	S 1	S 2	S 3	ALB 1	ALB 2	ALB 3
30/05/08	pH	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4
	T°C	31	28	28	30	30	31	30	30	30	31	30	28
	COND : ms/cm	47,7	47,6	45,1	45	45,3	46,9	46,9	45,8	46,1	40,3	42,7	42,7
	Salinité g/l	3,05	3,05	2,89	2,88	2,90	3,00	3,00	2,93	2,95	2,58	2,73	2,73
A 24°C	NUM/mm3	55	54	54	185	30	30	32	38	37	17	18	23
31/05/08	pH	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4
	T°C	31	28	28	30	30	31	30	30	30	31	30	28
	COND : ms/cm	48,4	48,3	46,8	46,8	46,8	47,5	47,5	47,	47,5	43,2	43,2	43,2
	Salinité g/l	3,10	3,09	3,00	3,00	3,00	3,04	3,04	3,01	3,04	2,76	2,76	2,76
A 25°C	NUM/mm3	90	95	95	270	38	38	43	45	45	28	33	34
01/06/08	pH	9,3	9,3	9,3	9,4	9,3	9,2	9,3	9,3	9,4	9,2	9,3	9,4
	T°C	31	28	28	30	30	31	30	30	30	31	30	28
	COND : ms/cm	48,4	48,5	48,5	45,3	45,3	45,3	43,6	43,6	43,6	43,8	43,8	43,8
	Salinité g/l	3,10	3,10	3,10	2,90	2,90	2,90	2,79	2,79	2,79	2,80	2,80	2,80
à 25°C	NUM/mm3	90	97	98	390	39	42	48	57	53	35	36	35

RELEVE DES PARAMETRES DE SUIVI DE LA CULTURE

DATES	PARAMETRES	T 1	T2	T3	MP 1	MP 2	MP 3	S1	S2	S3	ALB 1	ALB 2	ALB 3
02/06/08	pH	9,2	9,2	9,3	9,2	9,2	9,2	9,4	9,4	9,4	9,4	9,3	9,3
	T°C	29	29	28	29	30	30	30	28	28	29	28	30
	COND : ms/cm	48,4	48,3	46,8	46,8	46,8	47,5	47,5	47,	47,5	43,2	43,2	43,2
	Salinité g/l	3,10	3,09	3,00	3,00	3,00	3,04	3,04	3,01	3,04	2,76	2,76	2,76
A 24°C	NUM/mm3	90	98	98	470	40	42	48	55	58	43	42	42
03/06/08	pH	9,3	9,4	9,4	9,3	9,4	9,3	9,3	9,3	9,3	9,3	9,3	9,3
	T°C	28	28	29	29	29	28	27	28	28	27	29	28
	COND : ms/cm	48,4	48,5	48,5	45,3	45,3	45,3	43,6	43,6	43,6	43,8	43,8	43,8
	Salinité g/l	3,10	3,10	3,10	2,90	2,90	2,90	2,79	2,79	2,79	2,80	2,80	2,80
A 23°C	NUM/mm3	125	125	125	40	43	43	120	120	120	110	110	110
04/06/08	pH	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4
	T°C	31	31	30	31	31	31	31	31	31	31	30	30
	COND : ms/cm	48,3	48,3	48,3	45,1	45,1	45,1	43,7	43,7	43,7	43,8	43,8	43,8
	Salinité g/l	3,09	3,09	3,09	2,89	2,89	2,89	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80
A 23°C	NUM/mm3	131	131	131	70	70	70	145	145	145	110	110	110

RELEVE DES PARAMETRES DE SUIVI DE LA CULTURE

DATES	PARAMETRES	T 1	T2	T3	MP 1	MP 2	MP3	S1	S2	S3	ALB 1	ALB 2	ALB 3
05/06/08	pH	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
	T°C	31	32	32	32	31	32	31	32	32	32	31	31
	COND : ms/cm	49	49	49	36,4	36,4	36,4	38,9	38,9	38,9	37,8	37,8	37,8
	Salinité g/l	3,14	3,14	3,14	2,33	2,33	2,33	2,49	2,49	2,49	2,42	2,42	2,42
A 24°C	NUM/mm3	143	143	143	290	290	290	131	131	131	120	120	120
06/06/08	pH	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
	T°C	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
	COND : ms/cm	43	43	43	34,2	34,2	34,2	36,3	36,3	36,3	35,1	35,1	35,1
	Salinité g/l	2,75	2,75	2,75	2,19	2,19	2,19	2,32	2,32	2,32	2,25	2,25	2,25
A 23°C	NUM/mm3	203	203	203	290	290	290	210	210	210	130	130	130
07/06/08	pH	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3
	T°C	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
	COND : ms/cm	36,3	36,3	36,3	30,5	30,5	30,5	31,6	31,6	31,6	30,	30,6	30,6
	Salinité g/l	2,32	2,32	2,32	1,95	1,95	1,95	2,02	2,02	2,02	1,92	1,96	1,96
A 24°C	NUM/mm3	397	397	397	377	377	377	340	340	340	190	190	190

RELEVE DES PARAMETRES DE SUIVI DE LA CULTURE

DATES	PARAMETRES	T 1	T2	T3	MP 1	MP 2	MP 3	S 1	S 2	S 3	ALB 1	ALB 2	ALB 3
08/06/08	pH	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3
	T°C	32	32	32	31	32	31	32	31	31	30	30	31
	COND : ms/cm	33,3	33,3	33,3	27,2	27,2	27,2	28,5	28,5	28,5	28	28	28
	Salinité g/l	2,13	2,13	2,13	1,74	1,74	1,74	1,82	1,82	1,82	1,79	1,79	1,79
A 23°C	NUM/mm3	512	512	512	498	498	498	446	446	446	262	262	262
09/06/08	pH	9,9	9,8	9,8	9,9	9,6	9,9	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8
	T°C	33	33	32	33	32	33	33	33	34	33	33	33
	COND : ms/cm	33	33	33	28,4	28,4	28,4	29,5	29,5	29,5	28,8	28,8	28,8
	Salinité g/l	2,11	2,11	2,11	1,82	1,82	1,82	1,89	1,89	1,89	1,84	1,84	1,84
A 24°C	NUM/mm3	528	528	528	499	499	499	463	463	463	312	325	325
10/06/08	pH	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,8	9,8	9,9	9,9	9,8	9,8	9,9
	T°C	32	33	33	34	34	33	32	32	33	33	33	33
	COND : ms/cm	33,1	33,1	33,1	28,5	28,5	28,5	30	30	30	29,1	29,1	29,1
	Salinité g/l	2,12	2,12	2,12	1,82	1,82	1,82	1,92	1,92	1,92	1,86	1,86	1,86
A 24°C	NUM/mm3	538	537	538	513	513	513	480	480	485	327	327	327

RELEVE DES PARAMETRES DE SUIVI DE LA CULTURE

DATES	PARAMETRES	T 1	T2	T3	MP 1	MP 2	MP 3	S 1	S 2	S 3	ALB 1	ALB 2	ALB 3
11/06/08	pH	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,8	9,8	9,9	9,9	9,8	9,8	9,9
	T°C	32	33	33	34	34	33	32	32	33	33	33	33
	COND : ms/cm	33,1	33,1	33,1	29	29	29	30,2	30,2	30,2	29,8	29,8	29,8
	Salinité g/l	2,12	2,12	2,12	1,86	1,86	1,86	1,93	1,93	1,93	1,91	1,91	1,91
A 24°C	NUM/mm3	538	537	538	513	513	513	480	480	485	327	327	327
12/06/08	pH	9,9	9,8	9,8	9,9	9,9	9,9	9,8	9,8	9,9	9,6	9,9	9,8
	T°C	32	33	33	33	33	34	33	33	34	34	33	32
	COND : ms/cm	33,3	33,3	33,2	30,2	30,2	29,8	33,1	33,1	33,1	29,8	33,1	33,1
	Salinité g/l	2,13	2,13	2,12	1,93	1,93	1,91	2,12	2,12	2,12	1,91	2,12	2,12
24°C	NUM/mm3	550	550	550	514	514	514	485	4/85	480	327	320	320
13/06/08	pH	9,6	9,9	9,8	9,8	9,8	9,9	9,9	9,6	9,9	9,8	9,9	9,6
	T°C	32	33	33	34	33	33	34	32	32	33	33	33
	COND : ms/cm	32,1	32,1	32,1	30	29,9	29,9	31,1	31,2	31,2	31,2	30,1	30,1
	Salinité g/l	2,05	2,05	2,05	1,92	1,91	1,91	1,99	2,00	2,00	2,00	1,93	1,93
0 24°C	NUM/mm3	549	561	559	510	515	510	492	493	492	330	330	325

RELEVE DES PARAMETRES DE SUIVI DE LA CULTURE

DATES	PARAMETRES	T 1	T2	T3	MP 1	MP 2	MP 3	S 1	S 2	S 3	ALB 1	ALB 2	ALB 3
14/06/08	pH	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,8	9,8	9,9	9,9	9,8	9,8	9,9
	T°C	32	33	33	34	34	33	32	32	33	33	33	33
	COND : ms/cm	33,1	33,1	33,1	29	29	29	30,2	30,2	30,2	29,8	29,8	29,8
	Salinité g/l	2,12	2,12	2,12	1,86	1,86	1,86	1,93	1,93	1,93	1,91	1,91	1,91
0 25°C	NUM/mm3	538	537	538	513	513	513	480	480	485	327	327	327
15/06/08	pH	9,9	9,8	9,8	9,9	9,9	9,9	9,8	9,8	9,9	9,6	9,9	9,8
	T°C	32	33	33	33	33	34	33	33	34	34	33	32
	COND : ms/cm	33,3	33,3	33,2	30,2	30,2	29,8	33,1	33,1	33,1	29,8	33,1	33,1
	Salinité g/l	2,13	2,13	2,12	1,93	1,93	1,91	2,12	2,12	2,12	1,91	2,12	2,12
A 24°C	NUM/mm3	550	550	550	514	514	514	485	4/85	480	327	320	320
16/06/08	pH	9,6	9,9	9,8	9,8	9,8	9,9	9,9	9,6	9,9	9,8	9,9	9,6
	T°C	32	33	33	34	33	33	34	32	32	33	33	33
	COND : ms/cm	32,1	32,1	32,1	30	29,9	29,9	31,1	31,2	31,2	31,2	30,1	30,1
	Salinité g/l	2,05	2,05	2,05	1,92	1,91	1,91	1,99	2,00	2,00	2,00	1,93	1,93
A 25°C	NUM/mm3	549	561	559	510	515	510	492	493	492	330	330	325

RELEVE DES PARAMETRES DE SUIVI DE LA CULTURE

DATES	PARAMETRES	T 1	T2	T3	MP1	MP2	MP 3	S 1	S 2	S 3	ALB 1	ALB 2	ALB 3
16/06/08	pH	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,8	9,8	9,9	9,9	9,8	9,8	9,9
	T°C	32	33	33	34	34	33	32	32	33	33	33	33
	COND : ms/cm	33,1	33,1	33,1	29	29	29	30,2	30,2	30,2	29,8	29,8	29,8
	Salinité g/l	2,12	2,12	2,12	1,86	1,86	1,86	1,93	1,93	1,93	1,91	1,91	1,91
A 24°C	NUM/mm3	538	537	538	513	513	513	480	480	485	327	327	327
17/06/08	pH	9,9	9,8	9,8	9,9	9,9	9,9	9,8	9,8	9,9	9,6	9,9	9,8
	T°C	32	33	33	33	33	34	33	33	34	34	33	32
	COND : ms/cm	33,1	33,1	33,1	29,1	29,1	29,1	30,1	30,1	30,1	23,9	23,9	23,9
	Salinité g/l	2,12	2,12	2,12	1,86	1,86	1,86	1,93	1,93	1,93	1,53	1,53	1,53
A 26°C	NUM/mm3	640	645	640	580	580	580	560	560	560	382	382	383
18/06/08	PH	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,8	9,8	9,9	9,9	9,8	9,8	9,9
	T°C	35	34	35	34	34	36	36	35	35	34	35	35
	COND : ms/cm	33,2	33,2	33,3	28,9	28,9	28,7	29,1	29,1	29,2	22	22	22,1
	Salinité g/l	2,12	2,12	2,13	1,85	1,85	1,84	1,86	1,86	1,87	1,41	1,41	1,41
	NUM/mm^3	640	645	640	580	580	580	560	560	560	382	382	383

Conclusion

La maîtrise de la culture puis la production de la spiruline pour la consommation humaine, est une démarche scientifique et technique qui peut être adoptée si les conditions d'environnement climatique et matériel existent.

En effet,le nombre de chercheurs,de spécialistes et d'artisans producteurs de spiruline dans le monde ainsi que le nombre de fermes qui dépassent 20 ha de superficie aux Etats-Unis,Ferme du Dr. FOX Ripley, en Asie, CHINE et,les projets financés dans plusieurs pays Africains par des ONG voir par des Ambassades implantées dans les Pays qui disposent de potentialités pour la production de la spiruline,démontrent les intérêts Economiques et par conséquent Scientifiques que représente la culture de la spiruline.

Il importe donc de mettre en œuvre un savoir et un savoir faire qui ne se limitent pas à un procédé ponctuel mais, devant assurer une continuité dan le cadre d'une logique scientifique de maîtrise de l'ensemble des paramètres qui président à une production durable. Ce qui a constituer et que nous avons considérer prioritaire l'engagement d'une étude, non exhaustive certes mais, sur ce qui nous parait l'élément fondamental pour l'ébauche de la culture de la spiruline dans la région ; l'eau. Ceci, si l'on considère la disponibilité de la souche à Tamanrasset. Mr.HIRI est disposé à mettre la souche à la disposition des Personnes intéressées par l'étude et production de la spiruline.

Les résultats obtenus dans cette étude et, concernant l'utilisation de l'eau de la nappe du Sénonien, permettent d'envisager une introduction à la culture de la spiruline dans la région de Ouargla par une évaluation des caractéristiques pour une production selon les mesures et les capacités possibles. Hormis la présence de Magnésium et de Calcium en quantité dépassant les limites de concentration admises mais en moindre quantités par rapport aux nappes du Mio Pliocène et de l'Albien et, donnant les meilleurs résultats en termes de numération y compris ceux obtenus par le témoin ;il n'en demeure pas moins que, ne pouvant disposer d'une meilleurs eau,à importer d'ailleurs ce qui alourdirait les charges de production et, la rendrait inaccessible aux amateurs,L'eau de la nappe du Sénonien-Eocène reconnu sur une épaisseur de 360 m, repose sur la série imperméable du Sénonien lagunaire carbonaté c'est le plus exploité pour la consommation domestique dans la ville de Ouargla vu la bonne qualité de ses eaux par rapport aux autres nappes est donc recommandée pour la culture de spiruline arthrospira platensis.

Cependant, la création de fermes d'algoculture, doit passer par une parfaite connaissance de l'évolution des propriétés des éléments intervenant dans les milieux de culture et de nourriture car le produit et sa qualité, en dépendent beaucoup. A cet effet il est

recommandé des études sur ; le comportement physiologique et chimique de spiruline *arthrospira platensis,* la caractérisation et l'évolution du milieu de culture dans les conditions temporelles et spatiales, ainsi qu'une exploration de l'environnement pour un recensement des potentialités se rapportant à l'algoculture dans la région.

Bibliographie

DOCUMENTAIRE

ANONYME b. 1999: O.N.S (Office National des Statistiques)

ANONYME, 2004 : Direction d'hydraulique de la wilaya de Ouargla (D.H.W).

ANONYME., 1995: Monographie de la Wilaya de Ouargla. 161 p.

ANGENAULT J., (1995) : La chimie, dictionnaire encyclopédique 2 eme édition 23 p.

ANONYME, (2003) : Larousse médicale, 25 P.

ANONYME, 1997 : « Chocat ». Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et de l'assainissement, TEC & DOC.

Ayala F.A. et Benavente R.B. (1982) "An improved cheap culture medium for the blue-green microalga Spirulina", European J. of Appl. Microbiology and Biotechnology, 15, 198-199.

Achards M.A. (1994) "Etude et modélisation du transfert de CO2 dans les Photobioréacteurs. Application à l'étude de la limitation par la source de carbone chez S. platensis", D.E.A.
Université Blaise Pascal, Laboratoire de Génie Chimique Biologique.

BRIERE C., 1994 - Introduction aux méthodes de l'analyse des données. INP-ENSAT. Paris,

BEYOUD B.1989/Etude du

Bruno de REVIERS Biologie et Phylogénie des Algues tomes 1 et 2

B.BRANGER-2003 Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS. Références DOI: 10.1016/S0929-693X (03)00091-5)

Bulletin de l'Institut océanographique, Monaco, N° spécial 12.

BOUNTOUX J. 1993 : Introduction à l'étude des eaux douces (eaux naturelles, eaux usées, eaux de boisson) qualité et santé. 2eme ed. Technique et documentation Lavoisier. Paris, P : 160-165 167 p

BUCAILLE P. "Intérêt et efficacité de l'algue spiruline dans l'alimentation des enfants présentant une malnutrition protéino-énergétique en milieu tropical". Thèse de doctorat, Université Paul Sabatier Toulouse III, 10/10/1990.

BOUZIANI M., 2000 : L'eau de la pénurie aux maladies. Ed. IBN KHALDOUN. Oran, 247 p.

Busson F. (1971) "Spirulina Platensis (Gom.) Geitler et Spirulina geitleri J. de Toni, cyanophycées alimentaires", Service de Santé, Parc du Pharo, Marseille.

BOUZID A., (2003) : Bioécologie des oiseaux d'eau dans les chotts d'Ain El Beida et d'Oum Er-Raneb (région d'Ouargla). Thèse magistère, Int.Nati-Agro, El Harrach, 35p.

Challem J.J. (1981) "La spiruline, apprenez à la connaitre dans l'intérêt de votre santé" Editions Générales de Diététique, 74108-Ville-la-Grand.

Cornet J.F. (1992) "Etude cinétique et énergétique d'un photobioréacteur" Thèse de doctorat, Université de Paris Sud Centre d'Orsay, 27/02/1992.

CHEREF Y., (1998) : La santé au naturel Les nouvelles éditions Algériennes, PP101-102.

CHAMPSAUR, L. RODI ; 1991 : L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer

CZERWENKA W. et K. SEIDEL, 1976: Combination of biological and chemical treatment works- In: biological control of water pollution, Tourbier J. and Pierson R.W., e., Philadelphia Univ. Pennsylvania, p. 287-293

COLLAS R., 1960 : La pollution des eaux. Presse universitaire de France collection : Que sais-je ? N° 983, Paris.

Dupire J. (1998) "Objectif : Malnutrition", Editions Similia, Paris

DIVET L. et P. SCHULHOF, 1980 : le traitement des eaux. Presse universitaire de France collection : Que sais-je ? N° 1874, Paris.

DUBIEF J., 1953 : Essai sur l'hydrogéologie superficielle au Sahara. Institut du physique du globe de l'Algérie, pp 258-301.

DA LAGE A. et METAILIE G., (2000) : dictionnaire de biogéographie végétale, CNRS EDITION, paris, 112p

Frappier R. (1992) "La spiruline, un aliment précieux pour la santé", Les Editions Asclépiades Inc., Montréal.

Fox R.D. (1986) "Algoculture: la Spirulina, un espoir pour le monde de la faim", Edisud, Aix en- Provence

Fox R.D. (1996) "Spirulina, production & potential", Edisud, Aix-en-Provence

Fox R. D. (1999) "Spiruline, Technique pratique et promesse", Edisud, Aix-en-Provence

Falquet Jacques (1996) "Spiruline, Aspects nutritionnels", Antenna Technologie, Genève.

Flamant Vert (1988) "Produire de la spiruline en systèmes autonomes", Editions de la Tempresse, Eaux Vives, Suisse

Funteu F. "Effet des facteurs de l'environnement sur le métabolisme lipidique et activités biologiques des substances lipophiles chez une cyanobactérie filamenteuse, Spirulina platensis", I.N.R.A. Paris Grignon, 18/09/1996.

Guérin-Dumartrait E. et Moyse A. (1976) "Caractéristiques biologiques des spirulines", Ann. Nutr. Aliment. 30, 489-496.

Henrikson R. (1994) "Spirulina, superalimento del futuro «, Ediciones Urano, Barcelone.

Iltis A. (1974) "Le phytoplancton des eaux natronées du Kanem (Tchad), influence de la teneur en sels dissouts sur le peuplement algal", thèse de doctorat, Université de Paris VI.

Jean-Paul Jourdan ; 1999 : Cultivez votre spiruline revue ANTENNA TECHNOLOGY, 125 pages.

Jourdan J.P. (1993) "Solarium spirulina farm in the Atacama desert (North Chile)",

Jourdan J.P. (1993) "Survival type production of spirulina ", 6th International conference on applied algology Ceske Budejovice

Jourdan J.P. (1996) "Sugar as a source of carbon for spirulina (Arthrospira platensis) culture» International symposium on Cyanobacterial biotechnology", Bharathidasan University, Tiruchirapalli, Inde.

LETHELLIEUX J., 1984 : Ouargla cité saharienne des origines au début du XXeme siècle. Librairie Orientaliste Paul Geutner, S A (Paris).295 p.

Michka (1992) "La spiruline, une algue pour l'Homme et la Planète", Georg Editeur SA, Genève.

MEFTAH A., 1995 : Contribution à l'étude des effets des métaux lourds sur la dénitrification biologique «cas du Mercure». Mém. Ing. Université de Annaba., pp 12-16.

ROUVILLOIS-BRIGOL M., 1975 : Le pays de Ouargla (Sahara Algérienne). Edition département géographique. Paris. Sorbonne. 390 p.

RODIER J., C. BAZIN, J-P. BROUTIN, P. CHAMBON et H. RICHARD C., 1996 : Les eaux, les bactéries, les hommes et les animaux Ed. Scientifiques et médicale Elsevier, Paris PP 32-34

Saury A. (1982) "Les algues, source de vie", Editions Dangles, 45800 Saint Jean de Braye.

Zarrouk C. "Contribution à l'étude d'une cyanophycée: influence de divers facteurs physiques et chimiques sur la croissance et la photosynthèse de Spirulina maxima (Setch et Gardner) Geitler", Thèse de doctorat, Faculté des Sciences de l'Université de Paris, 06/12/1966.

Vonshak A. (1997) "Spirulina Platensis (Arthrospira): Physiology, Cell-biology, and Biotechnology", Taylor and Francis

VILARDEBO A., 1975 - Enquête et diagnostic sur les problèmes phytosanitaires entomologiques dans les palmeraies de dattier du SUD-EST algérien. Bull. Agr. Sahar. Volume 1, n°3, pp 1-21.

ELECTRONIQUE

1- Loïc Charpy ; 2002 : Compte rendu du mini colloque sur la production de spiruline artisanale à Mialet du 26 au 28 juin 2002
IRD, lcharpy@com.univ-mrs.fr

2- SALL MG*, DANKOKO B. **, BADIANE M.*, EHUA E.*** et KUAKUWI N.* ; 1999 :** LA SPIRULINE : UNE SOURCE ALIMENTAIRE A PROMOUVOIR, revue Médecine d'Afrique Noire N°46 (3)

3- B. Branger a,*, J.L. Cadudal b, M. Delobel c, H. Ouoba d, P.Yameogo a,†, D. Ouedraogo e,D. Guerin f,A.Valea g, les personnels des CREN h, C. Zombre i, P. Ancel j ; 19XX : La spiruline comme complément alimentaire dans la malnutrition du nourrisson au Burkina-Faso

H. Flodrops* ; 2004 : Spiruline et nutrition Lettres à la Rédaction / Archives de pédiatrie 11 (2004) 460–469